



Original Article

## An Analysis of the Barriers to the Implementation of the Circular Economy and Industry 4.0 in the Supply Chain: The Meta-Synthesis Approach and Fuzzy DANP

Mehrdad Kiani\*, Davood Andalib Ardakani\*\*, Seyed Heydar Mirfakhredini\*\*\*, Habib Zare Ahmadabadi\*\*\*\*1

### Abstract

The purpose of this research is to identify and investigate the relationship between the barriers to the implementation of the circular economy and Industry 4.0 in the supply chain in one of the polluting industries of the country (Yazd Glass Complex). In order to identify the barriers and categorize the barriers, the Meta-Synthesis approach was used, and in the quantitative part, in order to present the pattern of relationships between these barriers and their prioritization, the combined method of Fuzzy DEMATEL- ANP (FDANP) was used. The findings of the qualitative section included the identification of 24 obstacles in 5 dimensions. In the quantitative part, the findings showed that economic, infrastructural and technical-legal barriers are considered as causal dimensions that affect human resources and organizational-management (Effect) dimensions. Also, the obstacles of lack of expertise and knowledge of employees regarding the circular economy and Industry 4.0; Fear of unemployment and resistance to organizational and process changes and lack of funds and financial tools for training and research and development and operations are the most important obstacles in the implementation of the circular economy and Industry 4.0 in the supply chain of polluting industries such as the glass industry.

**Keywords:** Circular Economy; Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0); Supply Chain; Digital Technologies; Fuzzy DANP.

**How to Cite:** Kiani, Mehrdad; Andalib Ardakani, Davood; Mirfakhredini, Seyed Heydar; Zare Ahmadabadi, Habib (2023). An Analysis of the Barriers to the Implementation of the Circular Economy and Industry 4.0 in the Supply Chain: The Meta-Synthesis Approach and Fuzzy DANP, *Ind. Manag. Persp.*, 13(4), 9-44 (In Persian).

Received: Jan. 12, 2023; Revised: Sep. 05, 2023; Accepted: Sep. 22, 2023; Published Online: Oct. 14, 2023.

\* Ph.D. Candidate, Economics, Management and Accounting Faculty, Yazd University, Yazd, Iran.

\*\* Associate Professor, Economics, Management and Accounting Faculty, Yazd University, Yazd, Iran.

Corresponding author. Email: [andalib@yazd.ac.ir](mailto:andalib@yazd.ac.ir)

\*\*\* Professor, Economics, Management and Accounting Faculty, Yazd University, Yazd, Iran.

\*\*\*\* Associate Professor, Economics, Management and Accounting Faculty, Yazd University, Yazd, Iran.



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## تحلیلی بر موانع پیاده‌سازی اقتصاد مدور و صنعت ۴.۰ در زنجیره تأمین: رویکرد فراترکیب و دنپ فازی

مهرداد کیانی\*، داود عندلیب اردکانی\*\*<sup>ID</sup>، سیدحیدر میرفخرالدینی\*\*\*،  
حیب زارع احمدآبادی\*\*\*\*

### چکیده

هدف از این پژوهش، شناسایی و بررسی روابط بین موانع پیاده‌سازی اقتصاد مدور و صنعت ۴.۰ در زنجیره تأمین در یکی از صنایع آلاینده کشور (کارخانه شیشه اردکان یزد) است. این پژوهش از نظر هدف جزو پژوهش‌های کاربردی - توسعه‌ای و نظر نوع پژوهش، ترکیبی (آمیخته اکتشافی) قلمداد می‌شود. در بخش کیفی پژوهش برای شناسایی موانع و دسته‌بندی موانع از رویکرد فراترکیب و در بخش کمی برای ارائه الگوی روابط بین این موانع و اولویت‌بندی آن‌ها از روش ترکیبی دیمتل - فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی (دنپ فازی) استفاده شده است. یافته‌های بخش کیفی شامل شناسایی ۲۴ مانع در ۵ بُعد بود. در بخش کمی، یافته‌ها نشان داد که موانع اقتصادی، زیرساختی و فنی - قانونی جزو ابعاد تأثیرگذار (علی) محسوب می‌شوند که بر ابعاد منابع انسانی و سازمانی - مدیریتی (معلول) تأثیر می‌گذارند؛ همچنین موانع کمبود تخصص و آگاهی کارکنان در خصوص اقتصاد مدور و صنعت ۴.۰، ترس از بیکاری و مقاومت در مقابل تغییرات سازمانی و فرآیندی و کمبود بودجه و ابزارهای مالی برای آموزش و تحقیق و توسعه و عملیات به ترتیب مهم‌ترین موانع موجود در پیاده‌سازی اقتصاد مدور و صنعت ۴.۰ در زنجیره تأمین صنایع آلاینده همانند صنعت شیشه‌سازی محسوب می‌شوند.

**کلیدواژه‌ها:** اقتصاد مدور؛ انقلاب صنعتی چهارم (صنعت ۴.۰)؛ زنجیره تأمین؛ فناوری‌های دیجیتال؛ دنپ فازی.

**استناددهی:** کیانی، مهرداد؛ عندلیب اردکانی، داود؛ میرفخرالدینی، سیدحیدر؛ زارع احمدآبادی، حیب (۱۴۰۲). تحلیلی بر موانع پیاده‌سازی اقتصاد مدور و صنعت ۴.۰ در زنجیره تأمین: رویکرد فراترکیب و دنپ فازی. *چشم‌انداز مدیریت صنعتی*، ۱۳(۴): ۹-۴۴.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۲، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۶/۱۴، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۳۱، تاریخ اولین انتشار: ۱۴۰۲/۰۷/۲۲.

\* دانشجوی دکتری، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران.  
\*\* دانشیار، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

نویسنده مسئول: Email: [andalib@yazd.ac.ir](mailto:andalib@yazd.ac.ir)

\*\*\* استاد، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

\*\*\*\* دانشیار، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران.



## ۱. مقدمه

در عصر حاضر اجرای اقتصاد مدور برای صنایع و شرکت‌های مختلف به‌منظور بهینه‌سازی تولید، کاهش و استفاده مجدد از ضایعات بسیار حیاتی شده است [۳۵]. اخیراً تخمین زده شده است که انسان‌ها تا سال ۲۰۵۰ به سه سیاره همانند زمین برای تأمین منابع طبیعی موردنیاز مدل اقتصاد خطی فعلی نیاز خواهند داشت. در عوض حرکت به سمت یک مدل اقتصاد مدور این ظرفیت را دارد که نیازهای هر فرد را در عین حفاظت از دنیای زنده‌ای که همه ما به آن متکی هستیم، تأمین کند [۳۶]. مطالعات اخیر در اروپا حاکی از آن است که به‌کارگیری اصول اقتصاد مدور تولید ناخالص داخلی اروپا را حدود ۱۱ درصد افزایش می‌دهد و ممکن است تا سال ۲۰۳۰ به سود خالص حدود ۱/۸ تریلیون یورو برسد [۴]. مفهوم اقتصاد مدور تقریباً گسترش زنجیره ارزش حلقه‌بسته محسوب می‌شود. اقتصاد مدور یکی از گزینه‌های بالقوه برای جایگزینی زنجیره ارزش خطی در نظر گرفته شده است که مزایای اقتصادی و زیست‌محیطی را به همراه دارد. اجرای اصول اقتصاد مدور می‌تواند به حل چالش‌های زیست‌محیطی مربوط به مصرف بیش‌ازحد منابع در سطح محلی و جهانی کمک کند [۲۲]. اقتصاد مدور در ابتدا با اصول 3RS (کاهش، استفاده مجدد و بازیافت) مرتبط بود که برای فرآیند مدیریت پسماند حیاتی هستند [۳۴]. با درک بیشتر نسبت به اقتصاد مدور، مجموعه جدیدی از اصول مانند 6RS (استفاده مجدد، کاهش، بازیافت، طراحی مجدد، نوسازی و استفاده مجدد) و سپس 10RS (رد، بازاندیشی، کاهش، استفاده مجدد، تعمیر، نوسازی، ساخت مجدد، استفاده مجدد، بازیافت و بازیابی) ارائه شد [۳۹، ۴۴]. در واقع اقتصاد مدور برای کاهش سیستماتیک مقدار منابع موردنیاز، استفاده مجدد از محصولات برای افزایش طول عمر آن‌ها و بازسازی سیستم‌های طبیعی طراحی شده است [۴۳]. از سوی دیگر، عملکرد پایدار بدون نوآوری قابل‌دستیابی نیست. پیشرفت فناوری و نوآوری به دگرگونی‌هایی از حوزه فردی تا کل زنجیره تأمین و جوامع منجر می‌شود [۵۱]. در این بستر، فناوری‌های پیشرفته تعبیه‌شده در زمینه صنعت ۴.۰ ممکن است توسعه را به سمت دستیابی به اهداف توسعه پایدار، به‌ویژه در مورد بخش صنعتی سوق دهد [۱۶]. صنعت ۴.۰ می‌تواند یک سیستم تولید و زنجیره تأمین را به یک سیستم تولید هوشمند تبدیل کند که عمدتاً مبتنی بر تعامل سایبری - فیزیکی از عناصر متصل است [۵۴]. صنعت ۴.۰ ترکیبی از دیجیتالی‌شدن و هوشمندی عملیات و فرآیندهای تجاری است و دامنه وسیعی در حوزه‌های مختلف دارد [۴۶].

فرض بر این است که صنعت ۴.۰ یک ذهنیت جدید تجاری است که می‌تواند به سازمان‌های تجاری و جامعه کمک کند تا به سمت توسعه پایدار حرکت کنند [۱۹]. صنعت ۴.۰ به‌عنوان آینده زنجیره‌های تأمین نیز نامیده می‌شود. کارخانه‌های هوشمند می‌توانند پیامدهای پایداری زیادی مانند استفاده بهینه از منابع، فناوری و غیره داشته باشند [۴۲]. مفهوم صنعت ۴.۰ مبتنی بر محور

پایداری به مدیران صنعتی کمک می‌کند تا نه تنها ابتکارهای محافظت از محیط‌زیست و کنترل را مدنظر قرار دهند، بلکه ایمنی فرایندها از جمله بهره‌وری منابع، رفاه کارمندان و جامعه، فرآیندهای هوشمندتر و انعطاف‌پذیر در زنجیره‌های تأمین خود را اندازه‌گیری کنند [۳۰].

در پذیرش اقتصاد مدور و صنعت ۴.۰، عوامل مختلفی بر روند زنجیره تأمین تأثیر می‌گذارد. شناسایی و تحلیل این عوامل، اطلاعات مفیدی را برای پیاده‌سازی آن‌ها ارائه می‌دهد. وجود یا وقوع این عوامل می‌تواند به موانع یا محرک تبدیل شود. بر اساس نظریه پویایی گروهی کرت لوین<sup>۱</sup> (۱۹۴۷)، برای اجرای هر پروژه تغییری (مانند اجرای اقتصاد مدور و صنعت ۴.۰)، دو نیروی محرک‌ها و مقاومت در برابر تغییر (موانع) وجود خواهد داشت. در همین راستا، برخی پژوهشگران معتقدند که در حرکت به سمت اقتصاد مدور و صنعت ۴.۰، پیشرفت‌های محدودی حاصل شده است که این موضوع را به موانع اجرای اقتصاد مدور نسبت می‌دهند [۳۸]. مطالعه این موانع یک اهرم مهم برای حرکت به سمت مدل اقتصاد مدور و صنعت ۴.۰ محسوب می‌شود [۳۶]. از سوی دیگر، در فرآیند تولید شیشه آلودگی‌های فراوانی در محیط‌زیست منتشر می‌شود و این آلودگی‌ها عمدتاً شامل ذرات گردوغبار HF، SO<sub>2</sub>، NO<sub>2</sub>، CO، CO<sub>2</sub> و فلزات سنگین هستند که در مراحل دریافت و آماده‌سازی مواد اولیه و فرآیند ذوب و شکل دادن تولید می‌شوند. به عبارت دیگر کارخانه‌های شیشه‌سازی همانند دیگر صنایع وسعت بالایی دارند و به واسطه نوع فعالیت مستعد انواع آلودگی‌ها هستند. با توجه به انتشار هر یک از آلاینده‌ها در مراحل مختلف تهیه شیشه، برای کنترل این آلاینده‌ها راهکارهای متفاوتی پیشنهاد شده است. یکی از مهم‌ترین راهکارها حرکت به سمت اقتصاد مدور و فناوری‌های صنعت ۴.۰ است که به نظر می‌رسد در صنایع آلاینده ایران مورد غفلت واقع شده است و پژوهشگران ایرانی کمتر به این موضوع پرداخته‌اند. بسیاری از محققان معتقدند که ناآگاهی از موانع پیاده‌سازی این دو مفهوم یکی از دشواری‌های مدیران صنعتی برای پذیرش اقتصاد مدور و صنعت ۴.۰ است [۲۷]. شناسایی موانع داخلی و خارجی یک رویه مهم برای سنجش فرصت‌ها و تهدیدهای بالقوه در اجرای اقتصاد مدور و صنعت ۴.۰ است که باید توسط سازمان‌ها انجام شود. این کار، سازمان را قادر می‌سازد مشکلات احتمالی اجرای آن را پیش‌بینی کرده و از شکست اجرای آن جلوگیری کند؛ همچنین شناسایی موانع، نخستین مرحله برای اندازه‌گیری عملکرد اقتصاد مدور و صنعت ۴.۰ است. تا زمانی که موانع شناسایی نشوند، درک اینکه کدام یک از آن‌ها مهم‌تر است، امکان‌پذیر نیست؛ بنابراین پژوهش حاضر به دنبال شناسایی و بررسی روابط علی و معلولی بین موانع پیاده‌سازی اقتصاد مدور و صنعتی ۴.۰ و اولویت‌بندی آن‌ها است. درحقیقت آنچه این پژوهش را از سایر پژوهش‌ها متمایز می‌کند شناسایی موانع اقتصاد مدور و صنعت ۴.۰ در یکی از صنایع آلاینده کشور و همچنین رویکرد

شبکه‌ای و بررسی روابط و تعاملات بین این موانع است. با توجه به مطالب بیان‌شده، پژوهش حاضر به دنبال پاسخگویی به سؤال‌های زیر است:

- موانع مؤثر در پیاده‌سازی اقتصاد مدور و صنعت ۴۰۰ در زنجیره تأمین کدام‌اند؟
- تأثیرگذاری و تأثیرپذیری (روابط علی و معلولی) موانع در زنجیره تأمین چگونه است؟
- اهمیت موانع مؤثر در پیاده‌سازی اقتصاد مدور و صنعت ۴۰۰ در زنجیره تأمین کارخانه شیشه اردکان یزد به چه میزان است؟

## ۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

**مفهوم اقتصاد مدور.** از دهه ۱۹۷۰ میلادی، مفهوم اقتصاد مدور توجه زیادی را به خود جلب کرده است. «بنیاد الن مک آرتور»<sup>۱</sup> به‌عنوان یکی از مؤسسه‌های پیش‌تاز در این حوزه، از طریق انتشار پژوهش‌های گسترده، بستری را برای همکاری بین صنعت، سیاست‌گذاران و دانشگاه فراهم کرده است. کشورهایی مانند آلمان و ژاپن، اقتصاد مدور را در قوانین ملی خود ادغام کرده‌اند تا همه به‌طور یکسان از آن پیروی کنند. اقتصاد مدور ترکیبی از اقدامات مبتنی بر کاهش، بازیافت و استفاده مجدد است [۲]. اقتصاد مدور به‌عنوان یک پارادایم اقتصادی جدید با تمرکز ویژه بر چرخه پسماند توسعه یافته است و به‌عنوان «یک استراتژی برای مقابله با سیستم سنتی باز و با هدف مقابله با چالش کمبود منابع و دفع ضایعات در یک رویکرد برد - برد و دیدگاهی ارزش‌محور و اقتصادی تعریف می‌شود» [۱۷]. در بستر توسعه پایدار، اقتصاد مدور فرصتی را برای صنایع به‌منظور بهره‌برداری حداکثر از منابع به روشی بهینه فراهم می‌کند. یکی از چارچوب‌های مورد استفاده در اقتصاد مدور، اصول 3R (کاهش<sup>۳</sup>، استفاده مجدد<sup>۴</sup>، بازیافت<sup>۵</sup>) است که توسط جامعه صنعتی به‌طور گسترده‌ای مورد استقبال قرار گرفت [۲۱]. با توسعه اصول 3R، اصول 6R (کاهش، استفاده مجدد، بازیافت، بازیابی<sup>۶</sup>، طراحی مجدد<sup>۷</sup>، تولید مجدد<sup>۸</sup>) ارائه شد که هم‌اکنون مورد استفاده بسیاری از صنایع قرار گرفته است [۴۹]. همچنین شیوه‌های ز گهواره تا گور، اقتصاد آبی و زنجیره تأمین معکوس نیز توسط جامعه صنعتی دنبال می‌شوند [۱۸، ۱۴]. در مبانی نظری موضوع، سه سطح طرح و برنامه برای پیاده‌سازی اصول اقتصاد مدور شناسایی شده است: سطح خرد شرکت‌ها که مربوط به طرح‌های ویژه شرکت‌های طبقه‌بندی‌شده بر مبنای مدل

1. Ellen MacArthur Foundation
2. Reduce
3. Reuse
4. Recycle
5. Recover
6. Redesign
7. Re-manufacture

3R (کاهش، استفاده مجدد و بازیافت) است [۵۶]؛ سطح دوم، سطح میانی است که شامل تأسیس پارک‌های زیست‌محیطی<sup>۱</sup>، شبکه‌ها و همکاری‌های بین‌شرکتی برای استفاده بهینه از منابع است؛ سرانجام در سطح کلان، طرح‌های انجام‌شده توسط دولت و سیاست‌گذاران قرار دارند. امروز کشورها به دنبال خودکفایی هستند و از الزام تغییر سیستم جدیدتر بر اساس اصول مدورگرایی آگاهی دارند [۱۳]. آژانس محیط‌زیست اروپا<sup>۲</sup> (۲۰۱۶)، پنج ویژگی کلیدی اقتصاد مدور را به شرح زیر تشریح کرده است:

- کاهش ورودی و استفاده کمتر از منابع طبیعی (به‌عنوان مثال، به حداقل رساندن و بهره‌برداری بهینه از مواد خام، انرژی و منابع طبیعی برای افزایش کارایی).
- افزایش سهم منابع و انرژی تجدیدپذیر و قابل بازیافت (جایگزینی منابع تجدید ناپذیر با منابع تجدیدپذیر، قابل بازیافت، بستن حلقه‌های مواد و تأمین منابع پایدار).
- کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در طول چرخه کامل مواد؛
- به حداقل رساندن ضایعات و اتلاف منابع ارزشمند
- حفظ ارزش محصولات، اجزا و مواد در اقتصاد (افزایش طول عمر محصول، حمایت از استفاده مجدد از قطعات و بازیافت با کیفیت بالا).

انتقال مؤثر به سمت اقتصاد مدور مستلزم یک دیدگاه سیستمی است که کل زنجیره تأمین را در نظر می‌گیرد؛ زیرا هیچ بازیگری به‌طور مجزا نمی‌تواند منابع و قابلیت تغییر از سیستم‌های تولید خطی به مدور را داشته باشد [۱۲]. به‌طور خاص، کل زنجیره تأمین شرکت - از تأمین‌کنندگان تا مشتریان نهایی - و همچنین کل کسب‌وکار و اکوسیستم طبیعی باید بازنگری شود؛ زیرا نیاز به یک رویکرد یکپارچه برای تولید، انتخاب و استفاده از منابع به‌عنوان ورودی و خروجی‌ها (محصولات) وجود دارد [۱۰].

**انقلاب صنعت چهارم (صنعت ۴.۰).** نخستین انقلاب صنعتی در پایان قرن ۱۸ رخ داد که پیرامون معرفی ماشین‌آلات به تولید بود. انقلاب صنعتی دوم به اوایل قرن نوزدهم برمی‌گردد که شامل برقی‌کردن کارخانه‌ها و راه‌اندازی خطوط تولید بود. انقلاب صنعتی سوم که به‌عنوان «انقلاب دیجیتال» نیز شناخته می‌شود، با معرفی فناوری‌های دیجیتال در تولید طی دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ به‌وجود آمد. صنعت ۴.۰ کاملاً بر پایه‌های انقلاب‌های صنعتی قبلی استوار است

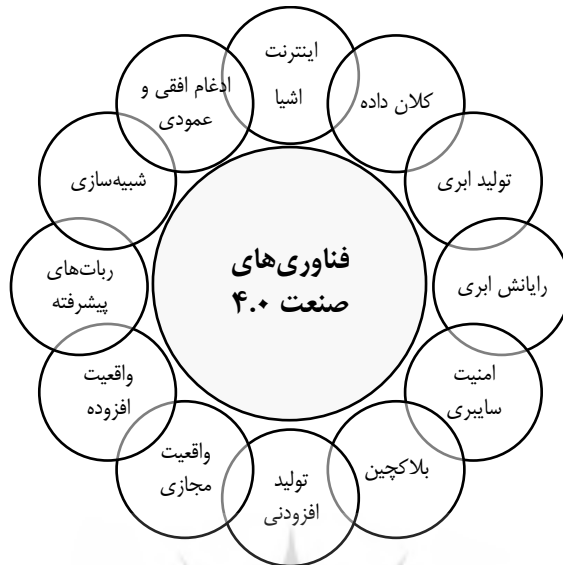
۱. (Co-Industrial Parks) پارک زیست محیطی یک پارک صنعتی است که در آن مشاغل با هدف افزایش دستاوردهای اقتصادی و بهبود محیط‌زیست در تلاش برای کاهش ضایعات و آلودگی، تقسیم کارآمد منابع و کمک به دستیابی به توسعه پایدار با یکدیگر و با جامعه محلی همکاری می‌کنند.

2. European Environment Agency

[۹]. با این حال انتظار می‌رود که صنعت ۴.۰ بالاترین درجه دیجیتالی‌سازی، اتوماسیون، مجازی‌سازی و غیرمتمرکزسازی را در تمامی صنایع در زمان بلوغ خود ارائه دهد [۳]. اصطلاح صنعت ۴.۰ در نمایشگاه هانوفر در سال ۲۰۱۱ ابداع شد و توضیح می‌دهد که چگونه فناوری‌های دیجیتال زنجیره‌های ارزش جهانی را متحول می‌کند. در زمینه تولید، صنعت ۴.۰ بر محصولات هوشمند و فرآیندهای تولید تمرکز دارد [۱۵]. پژوهش‌های گسترده‌ای برای استفاده از صنعت ۴.۰ به منظور بهبود مدل‌های کسب‌وکار، کیفیت محصول، مهارت‌های کارکنان، ارتباطات و زنجیره‌های تأمین در حال انجام است. ویژگی‌های اصلی صنعت ۴.۰ عبارت‌اند از: دیجیتالی‌کردن، بهینه‌سازی و سفارشی‌سازی؛ خودکارسازی و سازگاری؛ تعامل انسان و ماشین؛ خدمات و مشاغل ارزش‌افزوده، تبادل خودکار داده‌ها و ارتباطات بهنگام [۶]. کشورهای مختلف نام‌های مختلفی برای صنعت ۴.۰ دارند؛ مانند «اینترنت صنعتی» یا «تولید پیشرفته» در ایالات متحده، «کارخانه‌های آینده» در کمیسیون اروپا و «آینده تولید» در بریتانیا [۵]. هنگامی که انقلاب صنعتی چهارم یا صنعت ۴.۰ در نظر گرفته می‌شود، به دلیل عدم اطمینان محیطی، تمرکز اغلب بر بهبود پردازش اطلاعات برای افزایش پاسخگویی تجاری است. بر این اساس، صنعت ۴.۰ شامل توسعه و به‌کارگیری فناوری‌هایی برای پیوند سازمان به‌صورت داخلی (اعم از عمودی و افقی) و با ذی‌نفعان خارجی (تأمین‌کنندگان یا مشتریان) برای اطمینان از جریان روان اطلاعات است. صنعت ۴.۰ می‌تواند با پشتیبانی از چندین کارکرد کلیدی مانند لجستیک و عملیات، بهره‌وری سازمان را افزایش دهد [۲]. طبق گفته برخی از پژوهشگران، امروزه صنعت ۴.۰ را می‌توان به‌عنوان یک روش انقلابی در سازمان‌دهی تولید صنعتی، مبتنی بر دیجیتالی‌سازی و خودکارسازی گسترده فرآیندهای تولید و توزیع در صنعت تعریف کرد که محدودیت‌های بین‌اشیا فیزیکی را حذف کرده و آن‌ها را به یک سیستم پیچیده از عناصر به‌هم‌پیوسته و وابسته تبدیل می‌کند. ویژگی‌های اساسی صنعت ۴.۰ عبارت‌اند از [۲۴]:

- انتقال از کار دستی به ربات‌های الکترونیکی، به‌منظور اطمینان از خودکاربودن تمام فرایندهای تولید؛
- نوسازی سیستم‌های حمل‌ونقل و لجستیکی، به‌دلیل توزیع گسترده وسایل نقلیه بدون سرنشین؛
- افزایش پیچیدگی و دقت محصولات فنی تولیدشده، ساخت ابزارهای جدید به‌دلیل پیشرفت فناوری‌های تولید؛
- توسعه ارتباطات بین ماشین‌ها و خودمدیریتی سیستم‌های فیزیکی با کمک فناوری اینترنت اشیا؛
- استفاده از برنامه‌های خودآموزی برای توسعه مستمر سیستم‌های تولید.

بر اساس اصول اساسی طراحی صنعت ۴.۰ که عبارت‌اند از: تمرکززدایی، پشتیبانی در زمان واقعی، مدولاربودن، قابلیت همکاری، مجازی‌سازی و خدمت‌گرایی، می‌توان فناوری‌های صنعت ۴.۰ را مطابق با شکل ۱، برشمرد [۳۷].



شکل ۱. فناوری‌های کلیدی صنعت ۴.۰

**پیشینه پژوهش.** پژوهش‌های حوزه اقتصاد مدور و صنعت ۴.۰، به‌ویژه در دهه گذشته به اوج خود رسیده و توجه جامعه علمی را به خود جلب کرده است. این موضوع از تعداد پژوهش‌های منتشرشده توسط پژوهشگران دانشگاهی در این زمینه مشهود است. با این حال بیشتر مطالعات یا بر جنبه خاصی تمرکز دارند یا فقط در چند بُعد ساختار یافته‌اند. رویکرد برخی از این پژوهش‌ها به‌صورت شناسایی موانع، عوامل شکست یا چالش‌ها بوده است. بخشی از این پژوهش‌ها که در روش فراترکیب مورد استفاده قرار گرفته است، در جدول ۱، مشاهده می‌شود.

جدول ۱. نتایج برخی از پژوهش‌های پیشین

منبع	مهم‌ترین موانع	تکنیک	هدف	پژوهشگر (سال)
[۲۵]	<ul style="list-style-type: none"> <li>سیاست‌گذاری از سوی دولت</li> <li>ارائه مشوق‌ها</li> <li>اجرای دقیق مقررات زیست‌محیطی</li> </ul>	دیمتل	شناسایی و تحلیل چالش‌های پذیرش اقتصاد مدور در زنجیره تأمین مواد غذایی برای توسعه پایدار	کومار و همکاران (۲۰۲۲)
[۴۰]	<ul style="list-style-type: none"> <li>هزینه بالای پذیرش</li> <li>هزینه آموزشی و مشاوره بالا</li> <li>نیاز به نیروی کار ماهر پیشرفته</li> </ul>	آزمون‌های آماری	چالش‌های پیش روی صنایع تولیدی در اجرای صنعت چهارم: یک پژوهش تجربی	نیماووات و داس‌گدوانی (۲۰۲۲)



پژوهشگر (سال)	هدف	تکنیک	مهم‌ترین موانع	منبع
راسینی و همکاران (۲۰۲۲)	محرك‌ها و موانع پذیرش اقتصاد مدور: دیدگاه بخش در مورد آهنرباهای خاکی کمیاب	آزمون‌های آماری	<ul style="list-style-type: none"> <li>مالی (سرمایه‌گذاری، سودآوری مالی بلندمدت، حمایت مالی خارجی)</li> <li>بازار (قیمت پایین مواد خام اولیه، عدم استانداردسازی محصول، دسترسی محدود به محصولات پایان عمر، تعداد کم پروژه‌ها)</li> </ul>	[۴۳]
کومار و همکاران (۲۰۲۲)	موانع پذیرش صنعت چهار در زنجیره تأمین مواد غذایی پایدار: چشم‌انداز اقتصاد مدور	دیمتل	<ul style="list-style-type: none"> <li>ناپختگی فناوری</li> <li>سرمایه‌گذاری بالا</li> <li>ناآگاهی ذی‌نفعان</li> <li>محدودیت‌های فناوریانه</li> <li>فقدان نوآوری در محیط‌زیست</li> </ul>	[۲۵]
جنا و پاتل (۲۰۲۲)	تجزیه و تحلیل و ارزیابی الزامات و موانع سیستم صنعتی هند در اجرای فناوری‌های صنعت چهار	تحلیل چندمتغیره فازی	<ul style="list-style-type: none"> <li>عدم انعطاف‌پذیری کارکنان برای یادگیری و انطباق لازم</li> </ul>	[۲۰]
احمدخان و همکاران (۲۰۲۲)	تحلیل روابط علت و معلولی بین محرك‌ها و موانع اجرای اقتصاد مدور در زمینه اقتصاد نوظهور	دیمتل خاکستری	<ul style="list-style-type: none"> <li>فقدان تخصص</li> <li>امکان‌سنجی اجرای اقتصاد مدور</li> <li>مواد استفاده‌نشده</li> </ul>	[۱]
روی و همکاران (۲۰۲۲)	بازطراحی زنجیره‌های تأمین خطی سنتی به زنجیره‌های تأمین مدور - مطالعه چالش‌های آن	تحلیل عاملی اکتشافی	<ul style="list-style-type: none"> <li>فقدان مشوق‌ها و سیاست‌ها</li> <li>پیچیدگی محصول</li> </ul>	[۴۷]
وانتخده و وینوده (۲۰۲۱)	تجزیه و تحلیل چالش‌های صنعت چهار با استفاده از بهترین - بدترین روش: مطالعه موردی	بهترین - بدترین	<ul style="list-style-type: none"> <li>پیوند بی‌درنگ تولید فیزیکی و کارخانه دیجیتال</li> <li>سیستم‌های سازگار با زمینه و خودمختار</li> </ul>	[۵۵]
کومار و همکاران (۲۰۲۱)	شناسایی موانع پذیرش صنعت چهار و اقتصاد مدور در زنجیره تأمین کشاورزی با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای و مدل‌سازی ساختاری - تفسیری	فرایند تحلیل شبکه‌ای و مدل‌سازی ساختاری - تفسیری	<ul style="list-style-type: none"> <li>عدم حمایت دولت</li> <li>عدم سیاست و پروتکل مؤثر</li> <li>ناآگاهی</li> </ul>	[۲۸]
بولویچ و همکاران (۲۰۱۹)	چالش‌های صنعت چهار برای شرکت‌های کوچک و متوسط در لهستان و اسلوواکی	آزمون‌های آماری	<ul style="list-style-type: none"> <li>کمبود سرمایه</li> <li>کمبود متخصص مناسب</li> </ul>	[۵۳]
ماندا و بن - داهد (۲۰۱۹)	پاسخ به چالش‌ها و فرصت‌های انقلاب صنعتی چهارم در کشورهای در حال توسعه	اسناد و مدارک	<ul style="list-style-type: none"> <li>نیاز به سرمایه‌گذاری</li> <li>تغییر در مدل‌های تجارت</li> <li>مسائل مربوط به داده‌ها</li> <li>از دست دادن شغل</li> <li>انواع جدیدی از استرس و افزایش ناامنی اجتماعی</li> </ul>	[۳۳]
فاروق و همکاران	موانع زنجیره تأمین مدور مواد غذایی در چین	دیمتل	<ul style="list-style-type: none"> <li>ضعف اجرای مقررات زیست‌محیطی</li> <li>عدم ترجیح / فشار بازار</li> </ul>	[۱۱]

پژوهشگر (سال)	هدف	تکنیک	مهم‌ترین موانع	منبع
(۲۰۱۹)			• فقدان همکاری/ حمایت از بازیگران زنجیره تأمین	

### ۳. روش‌شناسی پژوهش

در خصوص تقسیم‌بندی پژوهش، چارچوب‌های مختلفی وجود دارد. اساس پژوهش حاضر، طرح پژوهش آمیخته اکتشافی است. در مرحله نخست که جنبه کیفی - اکتشافی دارد، موانع پیاده‌سازی اقتصاد مدور و صنعت ۴۰۰ شناسایی و در مرحله کمی بر مبنای روش کیفی، موانع شناسایی شده، تحلیل شدند. در این نوع طرح پژوهش آمیخته، به داده‌های کیفی اهمیت بیشتری داده می‌شود. علاوه بر آن در توالی گردآوری داده‌ها، ابتدا داده‌های کیفی و سپس داده‌های کمی گردآوری می‌شوند. از نظر میزان کاربرد پژوهشی، پژوهش حاضر کاربردی - توسعه‌ای به‌شمار می‌رود؛ زیرا به دنبال توسعه الگویی علمی و نوین از موانع پیاده‌سازی اقتصاد مدور و صنعت ۴۰۰ در کارخانه شیشه اردکان یزد است. بدین منظور، در مرحله نخست موانع مؤثر در پیاده‌سازی اقتصاد مدور و صنعت ۴۰۰ از طریق روش فراترکیب شناسایی می‌شود و در مرحله دوم، پژوهشگران از طریق روش ترکیبی دیمتل - فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی (دنپ فازی) به دنبال تعیین روابط بین موانع و اولویت‌بندی آن‌ها هستند. یکی از روش‌هایی که به‌منظور بررسی، ترکیب و آسیب‌شناسی پژوهش‌های گذشته استفاده می‌شود، فرامطالعه است. اگر فرامطالعه به‌صورت کیفی و بر روی مفاهیم و نتایج مورد استفاده در مطالعات گذشته انجام گیرد به نام «فراترکیب» شناخته می‌شود [۲۳]. فراترکیب مستلزم این است که پژوهشگر بازنگری دقیق و عمیقی انجام دهد و یافته‌های پژوهش‌های مرتبط را ترکیب کند [۴۱]. این روش، فرآیندی است که پژوهشگران را قادر می‌سازد تا یک سؤال خاص پژوهشی را شناسایی کنند و سپس برای پاسخگویی به آن به جست‌وجو، گزینش، ارزیابی، تلخیص و ترکیب شواهد کیفی بپردازند. در این پژوهش برای اجرای فراترکیب از روش هفت‌مرحله‌ای سانلوسکی و باروسو<sup>۱</sup> (۲۰۰۶)، استفاده شد که در قسمت یافته‌های پژوهش، به تفکیک هر مرحله، نتایج ارائه می‌شود [۴۸].

جامعه آماری در مرحله نخست پژوهش شامل کلیه پژوهش‌های منتشر شده در پایگاه‌های علمی معتبر داخلی و خارجی مرتبط با چالش‌های مؤثر بر اجرای اقتصاد مدور و صنعت ۴۰۰، تا زمان انجام این پژوهش است. در مرحله دوم پژوهش، جامعه آماری دربرگیرنده تمامی استادان و مدیران حوزه پایداری و آشنا به اقتصاد مدور و صنعت ۴۰۰ در کارخانه شیشه اردکان یزد است که

با استفاده از روش نمونه‌گیری هدفمند، ۸ نفر انتخاب شدند که در مرحله تعیین روابط علی و معلولی بین این موانع و اولویت‌بندی آن‌ها (روش دنپ فازی) همکاری کردند. معیار خبرگی افراد، جایگاه سازمانی مرتبط با موضوع و میزان سابقه فعالیت بالای ۵ سال بود (جدول ۲).

جدول ۲. مشخصات خبرگان پژوهش

جایگاه سازمانی	مدرک تحصیلی	سابقه فعالیت
مدیر تولید	کارشناسی ارشد	۱۲
مدیر بازاریابی	دکتری	۱۰
کارشناس پژوهشی ۱	دکتری	۶
کارشناس پژوهشی ۲	کارشناسی ارشد	۷
کارشناس حمل‌ونقل	کارشناسی	۹
کارشناس منابع انسانی	کارشناسی ارشد	۶
کارشناس برنامه‌ریزی	کارشناسی ارشد	۵
کارشناس تدارکات	کارشناسی ارشد	۷

**دیمتل فازی.** در این پژوهش برای کاوش روابط علت و معلولی و تعیین میزان درجه تأثیرگذاری و تأثیرپذیری هر یک از ابعاد و موانع در یکدیگر و از همدیگر، از دیمتل فازی مطابق با مراحل زیر استفاده شد [۲۹].

**گام نخست:** عوامل ارزیابی که دارای ماهیت ارتباطات علی هستند و معمولاً تعداد زیادی از حالات پیچیده را دربرمی‌گیرد، تدوین و برای مواجهه با ابهام قضاوت انسانی مقیاس کلامی فازی طبق الگوی جدول ۲، طراحی می‌شود.

جدول ۲. اعداد فازی مثلثی متغیرهای کلامی میزان اثرگذاری ابعاد و موانع در یکدیگر

متغیر کلامی	مقیاس عددی	اعداد فازی مثلثی متناظر	متغیر کلامی	مقیاس عددی	اعداد فازی مثلثی متناظر
بدون تأثیر	۰	(۰/۲۵ و ۰ و ۰)	تأثیر زیاد	۳	(۰/۷۵ و ۰/۷۵ و ۰/۵)
تأثیر خیلی کم	۱	(۰/۲۵ و ۰/۲۵ و ۰)	تأثیر خیلی زیاد	۴	(۰/۷۵ و ۰/۷۵ و ۰/۵)
تأثیر کم	۲	(۰/۲۵ و ۰/۵ و ۰/۷۵)			

**گام دوم:** نظر خبرگان اخذ و میانگین آن‌ها محاسبه می‌شود. برای این کار، با در نظر گرفتن تعداد  $P$  خبره،  $P$  ماتریس  $Z^1, Z^2, \dots, Z^P$  به دست می‌آید که هر درایه‌ی آن‌ها با اعداد فازی مربوط مشخص می‌شدند. برای محاسبه ماتریس میانگین از رابطه  $Z = \frac{Z^1 \oplus Z^2 \oplus \dots \oplus Z^P}{p}$  استفاده می‌شود.

این ماتریس «ماتریس فازی اولیه روابط مستقیم» نامیده می‌شود؛ به طوری که در آن  $Z_{ij} = (I_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$  (مقدار هر درایه از ماتریس  $Z$ ) اعداد فازی مثلثی هستند. در ضمن با توجه به اینکه عناصر قطر اصلی صفر بودند در ماتریس به صورت  $(0, 0, 0)$  مشخص می‌شوند.

**گام سوم:** مقیاس‌های شاخص‌ها از طریق رابطه ۱ که رابطه استانداردسازی است، به مقیاس‌های قابل مقایسه تبدیل می‌شوند. در رابطه زیر، ماتریس  $X$  «ماتریس فازی روابط مستقیم استاندارد شده» نامیده می‌شود:

$$a_{ij} = \left( \sum_{j=1}^i I_{ij}, \sum_{j=1}^i m_{ij}, \sum_{j=1}^i u_{ij} \right) \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$r = \max_{1 \leq i \leq n} \left( \sum_{j=1}^i u_{ij} \right) \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$x_{ij} = \frac{Z_{ij}}{r} = (I'_{ij}, m'_{ij}, u'_{ij}) \quad \text{رابطه (۳)}$$

**گام چهارم:** ماتریس فازی روابط مجموع  $T$  به دست می‌آید. توضیح آنکه  $x_{ij} = (I'_{ij}, m'_{ij}, u'_{ij})$  و مقادیر درایه‌های ماتریس‌های  $X_u, X_m, X_I$  به ترتیب شامل مقادیر  $I'$  و  $m'$  و  $u'$  در ماتریس  $X$  هستند.

$$X_I = [I''_{ij}], X_m = [m''_{ij}], X_u = [u''_{ij}] \quad \text{رابطه (۴)}$$

نظر به اینکه  $t_{ij} = (I''_{ij}, m''_{ij}, u''_{ij})$  است، داریم:

$$[I''_{ij}] = X_I \times (I - X_I)^{-1} \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$[m''_{ij}] = X_m \times (I - X_m)^{-1} \quad \text{رابطه (۶)}$$

$$[u''_{ij}] = X_u \times (I - X_u)^{-1} \quad \text{رابطه (۷)}$$

در این رابطه،  $I$  ماتریس یکه،  $X_I, X_m, X_u$  هر کدام ماتریس  $n \times n$  هستند که درایه‌های آن به ترتیب عدد پایین، عدد میانی و عدد بالایی اعداد فازی مثلثی ماتریس  $X$  را تشکیل می‌دهد.

**گام پنجم:** به دست آوردن مجموع سطرها و ستون‌های ماتریس  $T$  که با استفاده از روابط زیر به دست می‌آیند.

$$\bar{D} = (\bar{D}_i)_{n \times 1} = \left[ \sum_{j=1}^n \tilde{T}_{ij} \right]_{n \times 1} \quad \text{رابطه (۸)} \quad \bar{R} = (\bar{R}_i)_{1 \times n} = \left[ \sum_{i=1}^n \tilde{T}_{ij} \right]_{1 \times n} \quad \text{رابطه (۹)}$$

که  $\bar{D}$  و  $\bar{R}$  به ترتیب ماتریس  $n \times 1$  و  $1 \times n$  هستند.

**گام ششم:** مشخص کردن میزان اهمیت شاخص‌ها  $(\bar{D}_i + \bar{R}_i)$  و روابط بین معیارها  $(-\bar{D}_i)$   $\bar{R}_i$  اگر  $\bar{D}_i - \bar{R}_i > 0$  باشد، معیار مربوطه اثرگذار و اگر  $\bar{D}_i - \bar{R}_i < 0$  باشد، معیار مربوطه اثرپذیر است [۵۲].

**گام هفتم:** دی‌فازی کردن اعداد فازی  $\bar{D}_i + \bar{R}_i$  و  $\bar{D}_i - \bar{R}_i$  به‌دست‌آمده از مرحله قبلی که طبق رابطه زیر انجام می‌شود. در این رابطه، B دی‌فازی شده عدد  $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$  است.

$$B = \frac{l + m + n}{3} \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

**روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای و روش ترکیبی دنپ فازی.** مدل فرآیند تحلیل شبکه‌ای حالت عمومی روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی بوده که در آن روابط فقط به‌صورت سلسله‌مراتبی تعریف نشده و شبکه رسم‌شده دربرگیرنده روابط بیشتری است. در این روش ابتدا باید ساختار شبکه‌ای مسئله مدل‌سازی شود. به‌منظور این کار از روش دیمتل و ساختار ایجادشده توسط این روش استفاده می‌شود. پس از ساخت این شبکه در میان معیارهای اصلی مشخص می‌شود کدام معیارها بر یکدیگر تأثیرگذار بوده (روابط بیرونی) و زیرمعیارهای کدام‌یک از معیارها بر یکدیگر اثرگذارند (روابط درونی). در مرحله بعدی این روش باید به‌ازای تک‌تک روابط موجود در ساختار شبکه مقایسات زوجی بین معیارها و زیرمعیارها صورت گیرد. این مقایسات طبق پژوهش ساعتی<sup>۱</sup> (۱۹۸۶)، با ثابت کردن یک عامل میان سایر عوامل باید صورت گیرد که پیچیده و زمان‌گیر خواهد بود. همان‌طور که اشاره شد، به‌منظور جلوگیری از به‌وجود آمدن این موضوع چن<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۱)، روش دنپ فازی را ارائه کردند [۷]. در این روش از ماتریس ارتباطات کامل به‌وجودآمده در روش دیمتل به‌عنوان سوپرماتریس مقایسات زوجی استفاده شده است.

مراحل این روش به شرح زیر است:

**گام نخست:** ایجاد ساختار شبکه‌ای میان معیارها و محاسبه ماتریس ارتباطات کامل میان معیارها و زیرمعیارها با استفاده از دیمتل.

**گام دوم:** تشکیل سوپرماتریس وزن‌دارنشده از روی ماتریس ارتباطات کامل. این گام یک مرتبه به‌ازای ماتریس ارتباطات کامل میان معیارها و بار دیگر بر روی ماتریس ارتباطات کامل میان زیرمعیارها انجام می‌شود. اگر ماتریس ارتباطات کامل به‌دست‌آمده از روش دیمتل T نامیده شود،

1. Saati  
2. Chen

برای به‌دست‌آوردن سوپرماتریس وزن‌دار نشده ( $T_c^\alpha$ ) باید ابتدا داده‌های موجود در هر بلاک مربوط به زیرمعیارهای یک معیار نرمال شود و ترانهاده ماتریس نهایی به‌دست‌آمده از کنارهم‌قرار دادن بلاک‌ها به‌عنوان سوپرماتریس وزن‌دار شده در نظر گرفته می‌شود.

$$T = \begin{bmatrix} T^{11} & \dots & T^{1j} & \dots & T^{1m} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ T^{j1} & \dots & T^{ij} & \dots & T^{im} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ T^{m1} & \dots & T^{mj} & \dots & T^{mm} \end{bmatrix}, \quad T^{11} = \begin{bmatrix} T_{11}^{11} & \dots & T_{12}^{11} & \dots & T_{1m_2}^{11} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ T_{21}^{11} & \dots & T_{22}^{11} & \dots & T_{2m_2}^{11} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ T_{m_1 1}^{11} & \dots & T_{m_1 2}^{11} & \dots & T_{m_1 m_2}^{11} \end{bmatrix},$$

با تقسیم عناصر هر سطر ماتریس  $T^{ij}$  بر مجموع عناصر همان سطر و کنارهم‌قرار دادن آن‌ها ماتریس نرمال شده  $T^\alpha$  به‌دست می‌آید. سوپرماتریس وزن‌دار نشده عبارت خواهد بود از: ترانهاده ماتریس به‌دست‌آمده در این مرحله:

$$T_c^\alpha = (T^\alpha)'$$

**گام سوم:** تشکیل سوپرماتریس وزن‌دار. در این گام با استفاده از سوپرماتریس وزن‌دار نشده میان معیارهای اصلی عنصر مربوط به هر بلاک سوپرماتریس مربوط به زیرمعیارها در عناصر بلاک ضرب شده و سوپرماتریس وزن‌دار ( $W$ ) تشکیل می‌شود.

**گام چهارم:** تعیین اولویت‌های نهایی. پس از تشکیل سوپرماتریس وزن‌دار شده با استفاده از حد بی‌نهایت ماتریس تشکیل شده، وزن‌های نهایی تعیین می‌شود.

$$\lim_{k \rightarrow \infty} W^k$$

#### ۴. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

##### شناسایی موانع مؤثر بر پیاده‌سازی اقتصاد مدور و صنعت ۴.۰

**گام نخست:** طرح سؤال پژوهش: در روش فراترکیب، سؤال‌های پژوهش باید دارای ویژگی‌هایی باشد که در جدول ۳، ارائه شده است. در همین راستا فقط آثاری باید در این مطالعه گنجانده شود که در آن‌ها بیشتر به موانع اجرای اقتصاد مدور و صنعت ۴.۰ در زنجیره تأمین پرداخته شده است. بازه زمانی انتخاب‌شده بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۲ میلادی است؛ زیرا در این سال‌ها اقتصاد مدور و صنعت ۴.۰ وارد حوزه کاربرد در صنایع شدند؛ همچنین با توجه به اینکه در بازه زمانی موردنظر، مقاله‌های فارسی در این حوزه یافت نشد؛ بنابراین پژوهش‌های خارجی بررسی شدند.

جدول ۳. سؤال‌های پژوهش

سؤال‌های پژوهش	مؤلفه‌ها
موانع مؤثر بر اجرای اقتصاد مدور و صنعت ۴۰ در زنجیره تأمین کدام‌اند؟	چیستی کار (What)
مقاله‌های منتشرشده در پایگاه داده‌های خارجی	جامعه مورد مطالعه (Who)
۲۰۱۰ تا ۲۰۲۲ برای مطالعات خارجی	بازه زمانی مطالعه (When)
بررسی موضوعی مقاله‌ها، شناسایی و کدگذاری شاخص‌ها، تحلیل مفاهیم مورد مطالعه و دسته‌بندی مفاهیم	چگونگی یا روش مطالعه (How)

**گام دوم: مرور ساختارمند مبانی نظری:** در این مرحله، با انتخاب کلمات کلیدی مرتبط با سؤال تحقیق، متون ارائه‌شده در پایگاه‌های علمی معتبر جست‌وجو می‌شوند. در پژوهش حاضر، این کلیدواژه‌ها در «پایگاه علمی اسکاپوس<sup>۱</sup>» در بازه زمانی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۲ به صورت زیر انجام شد:

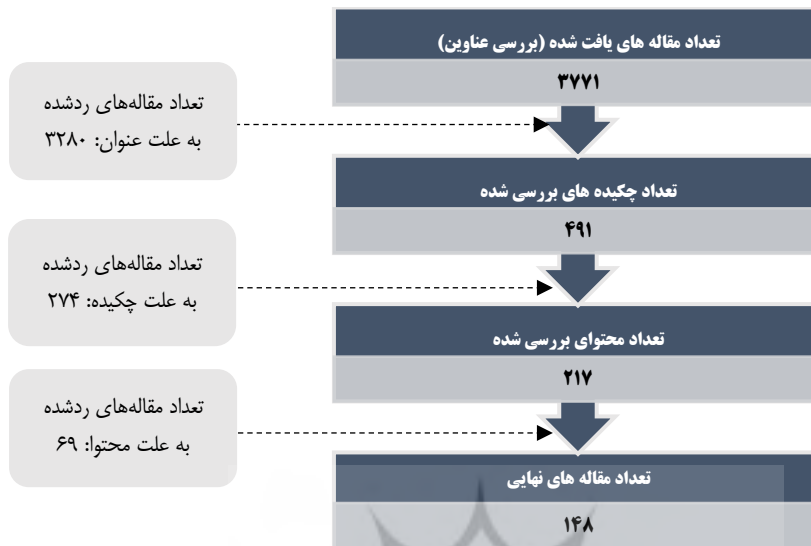
"Circular Economy" OR "Circularity" OR "Industry 4.0" OR "I4.0"  
AND  
"Barriers" OR "Challenges"

**گام سوم: جست‌وجو و انتخاب پژوهش‌های مناسب.** در این مرحله پژوهشگر در هر بازنگری، تعدادی از مقاله‌ها را رد می‌کند که این مقاله‌ها در فرآیند فراترکیب بررسی نمی‌شوند. در این مرحله، پژوهش‌هایی واجد شرایط برای ورود به فراترکیب انتخاب شده و معیارهای ورود و خروج بر اساس مطالعه تعیین شدند (جدول ۴). معیارهای ورود به معیارهایی گفته می‌شود که بر اساس آن، پژوهش موردنظر وارد مطالعه می‌شود و معیارهای خروج، فیلتر یا صافی دوم در انتخاب مطالعات مناسب هستند.

جدول ۴. معیارهای ورود و خروج منابع به مطالعه حاضر

معیارهای خروج	معیارهای ورود
پژوهش‌هایی که اطلاعات کافی در زمینه اهداف این پژوهش گزارش نکرده باشند.	مقاله‌های علمی چاپ‌شده در پایگاه اسکاپوس در حوزه موردنظر
پژوهش‌هایی که فاقد الگوی روش‌شناختی مناسب بودند.	پژوهش‌ها باید داده‌ها و اطلاعات کافی را در ارتباط با اهداف پژوهش گزارش کرده باشند.
پژوهش‌هایی که فاقد کیفیت لازم بودند؛ زیرا در مجلات بی‌کیفیت منتشر شده بودند.	پژوهش‌هایی که فرآیند بررسی تخصصی را زیر نظر داوران متخصص طی کرده باشند و به صورت مقاله کامل از طریق برخط یا به‌طور کامل چاپ شده باشند.
مطالعات مروری و کتابخانه‌ای	مقاله‌ها و پژوهش‌های چاپ‌شده در حوزه موردنظر در بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۲
مطالعات قبل از سال ۲۰۱۰ میلادی	مقاله‌ها و پژوهش‌هایی که با روش‌های علمی به بررسی موضوع موردنظر و موانع مؤثر پرداخته‌اند.

در پژوهش حاضر، فرآیند بازنگری به صورت خلاصه در شکل ۲، نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تعداد ۱۴۸ منبع در فرآیند جست‌وجو و انتخاب منابع، مناسب و قابل‌پذیرش تشخیص داده شد.



شکل ۲. خلاصه‌ای از نتایج جست‌وجو و انتخاب منابع مناسب مرتبط با موانع اقتصاد مدور و صنعت ۴۰.

**گام چهارم. استخراج نتایج:** در کل فرآیند روش فراترکیب، پژوهشگر به‌طور پیوسته، منابع منتخب و نهایی‌شده را به‌منظور دستیابی به موانع مؤثر بر اجرای اقتصاد مدور و صنعت ۴۰، چندین بار محتوای منابع را موردبازنگری قرار داده است. در پژوهش حاضر، اطلاعات منابع به این صورت دسته‌بندی شده است: اطلاعات مربوط به هر منبع ثبت می‌شود (نام خانوادگی پژوهشگر و سالی که منبع منتشر شده است) و ابعاد و موانع مؤثر که هر در منبع موجود است، استخراج و بیان می‌شود. در این مرحله، مقاله‌های نهایی به روش تحلیل محتوا مطالعه شدند. سندلوسکی و باروسو (۲۰۰۶)، تحلیل محتوا را یکی از روش‌های تجزیه‌وتحلیل مطالعات کیفیت می‌دانند که به‌وسیله آن، داده‌ها خلاصه، توصیف و تفسیر می‌شوند. بخشی از نتایج به‌دست‌آمده از این مرحله در جدول ۱، مشاهده می‌شود.

**گام پنجم. تجزیه‌وتحلیل و تلفیق یافته‌های کیفی:** در این پژوهش بعد از استخراج کدها از مقاله‌های منتخب، با توجه به هم‌معنی بودن کدها، همپوشانی لازم صورت گرفت (استخراج ۱۹۶ کد). در ادامه با در نظر گرفتن مفهوم این کدها، آن‌ها در یک مفهوم مشابه به‌عنوان موانع گروه‌بندی شدند. پس از ایجاد مفاهیم (موانع)، این مفاهیم در ۵ دسته اقتصادی، منابع انسانی،



زیرساختی، فنی - قانونی و سازمانی - مدیریتی دسته‌بندی شدند که در جدول ۵، مشاهده می‌شود.

جدول ۵. همپوشانی گدهای استخراج‌شده از مطالعات پیشین و ایجاد و دسته‌بندی مفاهیم

ردیف	گدهای استخراج‌شده (مطالعات پیشین)	مفهوم (موانع)	دسته
۱	کمبود زیرساخت - ضعف زیرساخت‌های موجود - عدم استفاده از فناوری‌های پیشرفته - کمبود فناوری‌های مربوط به جمع‌آوری، جداسازی و بازیابی - فقدان زیرساخت‌های فیزیکی و IT - وجود نداشتن زیرساخت - فقدان زیرساخت‌های فناورانه - نبود زیرساخت‌ها - فقدان امکانات فناوری اطلاعات - ارائه ضعیف زیرساخت پهنای باند و اتصال - نبود زیرساخت‌های اساسی فیزیکی و دیجیتالی فناوری اطلاعات - نبود زیرساخت‌های فناورانه - نبود زیرساخت‌های مبتنی بر فناوری اطلاعات (نرم‌افزار و سخت‌افزار) - زیرساخت ضعیف - عدم پوشش اینترنتی و امکانات فناوری اطلاعات	فقدان زیرساخت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری	زیرساختی
۲	آگاهی، درک و بینش ناکافی از اقتصاد مدور - ناآگاهی و احساس فوریت - فقدان آگاهی و یا عدم تمایل به درگیر شدن در اقتصاد مدور - ناآگاهی از زنجیره تأمین مدور - کمبود دانش و مهارت مدیران برای اجرای اقدامات اقتصاد مدور - ناآگاهی از مزایای صنعت ۴.۰ - مزایای نامشخص، درک پایین، دید ضعیف سازمان، آگاهی کم از مواد اولیه پایدار - عدم وضوح در مورد منافع اقتصادی - عدم درک واضح از مزایا - ابهام در درک صنعت ۴.۰ - عدم وضوح در مورد مزایای اقتصادی سرمایه‌گذاری دیجیتال - عدم درک در مورد ناب و صنعت ۴.۰ - عدم آگاهی در مورد سهم صنعت ۴.۰ در تولید اخلاقی و پایدار - مزایا و منافع نامشخص - دانش کم در مورد مفهوم صنعت ۴.۰	عدم دانش و آگاهی مدیریت از اقتصاد مدور و صنعت ۴.۰	سازمانی و مدیریتی
۳	آگاهی، درک و بینش ناکافی از اقتصاد مدور - فقدان آگاهی و یا عدم تمایل به درگیر شدن در اقتصاد مدور - فقدان آگاهی و علاقه کارکنان - عدم دانش و آگاهی کارکنان در مورد نوسازی - فقدان نیروی کار آموزش‌دیده برای عملیات پایدار و فناوری‌های صنعت ۴.۰ - کمبود نیروی کار - کمبود مهارت - فقدان نیروی انسانی ماهر / آموزش‌دیده / واجد شرایط - مهارت‌های مورد نیاز برای استفاده از فناوری‌های خودسازگار و فرآیندهای دیجیتالی برای کارکنان بسیار پیچیده است - فقدان نیروی کار ماهر - کمبود نیروی کار با مهارت‌های کافی - نبود نیروی انسانی واجد شرایط / ماهر - فقدان نیروی کار ماهر (کارگر ۴.۰) - کمبود کادر آموزش‌دیده - نیاز به مهارت‌های پیشرفته برای نیروی کار - چالش‌های مربوط به یافتن کارکنان واجد شرایط: مشکلات مربوط به اشتغال مطابق استانداردها - نداشتن مهارت‌های دیجیتالی - آموزش کارکنان برای صنعت ۴.۰ - نیروی کار ماهر	کمبود تخصص و آگاهی کارکنان در خصوص اقتصاد مدور و صنعت ۴.۰	منابع انسانی
۴	فقدان برنامه‌های آموزشی و توسعه مناسب - عدم آموزش و پشتیبانی - عدم آموزش مسائل زیست‌محیطی - عدم آموزش و مهارت‌آموزی - نبود	فقدان سیستم مناسب آموزش و	منابع انسانی

ردیف	گُدهای استخراج‌شده (مطالعات پیشین)	مفهوم (موانع)	دسته
۵	برنامه‌های آموزشی برای افزایش ظرفیت - عدم آموزش و توسعه مداوم حرفه‌ای - فقدان سیستم آموزشی پیشرفته برای آموزش کارکنان	توسعه منابع انسانی	سازمانی و مدیریتی
۶	نیاز به سرمایه‌گذاری بلندمدت - هزینه‌های بالای سرمایه‌گذاری - نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه بالا که دارای بازده اقتصادی طولانی‌مدت است - هزینه‌های بالای سرمایه‌گذاری موردنیاز در زیرساخت اینترنت اشیا - سرمایه‌گذاری بالا در پیاده‌سازی صنعت ۴.۰ - محدودیت‌های مالی به‌عنوان هزینه اجرایی بالا - هزینه اجرای بالا - هزینه بالای سرمایه‌گذاری اولیه در زیرساخت - سرمایه‌گذاری بالا - سطوح بالای سرمایه‌گذاری - هزینه‌های اتخاذ این فناوری‌های خودسازگار و فرآیندهای دیجیتالی بسیار بیشتر از مزایای آن است - سرمایه‌گذاری عظیم - کمبود سرمایه - کمبود منابع برای سرمایه‌گذاری - هزینه اولیه بالای فناوری I4.0 برای عملیات اخلاقی و پایدار - کمبود بودجه برای سرمایه‌گذاری در فناوری‌های I4.0 - عدم قطعیت بازگشت سرمایه	مشکلات مربوط به انتقال فناوری‌های پیشرفته به کشور	فنی و قانونی
۷	نیاز به سرمایه‌گذاری بلندمدت - هزینه‌های بالای سرمایه‌گذاری - نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه بالا که دارای بازده اقتصادی طولانی‌مدت است - هزینه‌های بالای سرمایه‌گذاری موردنیاز در زیرساخت اینترنت اشیا - سرمایه‌گذاری بالا در پیاده‌سازی صنعت ۴.۰ - محدودیت‌های مالی به‌عنوان هزینه اجرایی بالا - هزینه اجرای بالا - هزینه بالای سرمایه‌گذاری اولیه در زیرساخت - سرمایه‌گذاری بالا - سطوح بالای سرمایه‌گذاری - هزینه‌های اتخاذ این فناوری‌های خودسازگار و فرآیندهای دیجیتالی بسیار بیشتر از مزایای آن است - سرمایه‌گذاری عظیم - کمبود سرمایه - کمبود منابع برای سرمایه‌گذاری - هزینه اولیه بالای فناوری I4.0 برای عملیات اخلاقی و پایدار - کمبود بودجه برای سرمایه‌گذاری در فناوری‌های I4.0 - عدم قطعیت بازگشت سرمایه	مشکلات مربوط به انتقال فناوری‌های پیشرفته به کشور	فنی و قانونی
۸	استفاده محدود از مدل‌های کسب‌وکار پایدار فقدان دوام اقتصادی مدل‌های کسب‌وکار مدور - کاربرد محدود مدل‌های جدید کسب‌وکار - فقدان مدل‌ها و چارچوب‌های کسب‌وکار مدور - نبود یک چارچوب مدل کسب‌وکار مدور - عدم شایستگی در پیاده‌سازی/ به‌کارگیری مدل‌های جدید صنعت در مورد تغییرات سازمانی و فرایندی - شایستگی مدل‌های تجاری جدید - منقضی‌شدن مدل‌های تجاری قدیمی - مدیریت مدل کسب‌وکار جدید و مدیریت پیچیدگی تولی - فقدان رویکرد روشمند برای اجرا	هزینه‌های بالای سرمایه‌گذاری اولیه و بازگشت سرمایه طولانی‌مدت	اقتصادی
۹	دسترسی محدود و کیفیت مواد بازیافتی - دسترسی محدود به محصولات دارای استفاده مجدد - محدودیت در دسترس بودن و کیفیت مواد بازیافتی - کمبود مواد بازیافت با کیفیت بالا	فقدان مدل‌ها و چارچوب‌های کسب‌وکار مدور و هوشمند	زیرساختی
۱۰	دسترسی محدود و کیفیت مواد بازیافتی - دسترسی محدود به محصولات دارای استفاده مجدد - محدودیت در دسترس بودن و کیفیت مواد بازیافتی - کمبود مواد بازیافت با کیفیت بالا	دسترسی محدود به مواد اولیه بازیافتی در کمیت و کیفیت موردنیاز	سازمانی و مدیریتی
۱۰	عدم هماهنگی و همکاری بین شرکای زنجیره تأمین - عدم همکاری با تأمین‌کنندگان: بدون استانداردسازی و نبود زبان مشترک بین شرکا - ارتباط ناپایدار بین شرکت‌ها - عدم مشارکت و مشارکت ذی‌فغان - فقدان شرکای همکاری و بودجه - مشکل هماهنگی و همکاری - شرکای مفقود و حمایت مالی - عدم همزیستی و قابلیت همکاری (قابلیت	عدم هماهنگی و همکاری بین شرکای زنجیره تأمین	فنی و قانونی

ردیف	کُدهای استخراج‌شده (مطالعات پیشین)	مفهوم (موانع)	دسته
	همکاری و همزیستی مقیاس‌پذیری بین سازمان‌ها را توصیف می‌کند - مسائل مربوط به قابلیت همکاری		
۱۱	عدم سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه - تحقیق و توسعه ضعیف در مورد پذیرش صنعت ۴۰ - عدم همکاری بین مؤسسه‌های دانشگاهی و صنعت برای نوآوری و توسعه امکانات پیشرفته تحقیق و توسعه (تحقیق و توسعه) - عدم تحقیق و توسعه در پذیرش صنعت ۴۰ - فقدان منابع اختصاصی برای تحقیق و توسعه در زمینه فناوری صنعت ۴۰	ضعف سازمان در فعالیتهای تحقیق و توسعه	سازمانی و مدیریتی
۱۲	نبود تفکر سیستمی در میان مدیران - وجود ذهنیت خطی در مدیریت - نبود ذهنیت مدورگرایی	وجود تفکر بوروکراتیک و خطی در مدیریت سازمان	سازمانی و مدیریتی
۱۳	نبود پژوهش‌های تجربی و کاربردی در کشور	نبود پژوهش‌های تجربی و کاربردی در کشور	زیرساختی
۱۴	فقدان سازوکارهای حمایت مالی و مشوق‌های مالیاتی - عدم حمایت مالی - مشوق‌های مالی دولت از اقتصاد خطی پشتیبانی می‌کند - فقدان حمایت دولت - عدم حمایت و سیاست‌های دولتی - فقدان انگیزه و حمایت از سوی دولت - پشتیبانی دولتی - عدم حمایت و سیاست‌های دولت - حمایت دولت از دست‌رفته است - نداشتن آگاهی در مورد سیاست‌های دولت برای صنعت ۴۰ و پایداری	فقدان سازوکارهای مالی از سوی سیاست‌گذاران، دولت و نهادهای اجتماعی	اقتصادی
۱۵	فقدان سیستم تبادل اطلاعات - فقدان اطلاعات - اطلاعات دقیق در مورد مواد / ردیابی در زنجیره تأمین برای بازیافت در دسترس نیست - فقدان اطلاعات قابل اعتماد برای عموم - عدم کفایت سیستم‌های مدیریت اطلاعات - نبود سیستم اطلاعاتی برای پیگیری - کمبود اطلاعات در مورد تأثیرات - نبود سیستم‌های مدیریت دانش - نبود سیستم‌های مدیریت داده - مدیریت داده - چالش‌هایی در تضمین کیفیت داده‌ها	نبود سیستم‌های اطلاعاتی و مدیریت دانش استاندارد	زیرساختی
۱۶	مسائل یکپارچه‌سازی و سازگاری بین فناوری‌های مختلف - مسائل یکپارچه‌سازی و سازگاری یکپارچه - عدم یکپارچگی و سازگاری فناوری مختلف	سطح پایین بلوغ فناوری و عدم یکپارچه‌سازی و سازگاری بین فعالیتهای مختلف	زیرساختی
۱۷	مسائل حقوقی و قراردادی - مسائل حقوقی یا نظارتی - فقدان مکانیزم نظارتی - عدم قطعیت حقوقی و قراردادی - مسائل حقوقی صنعت	فقدان سازوکار نظارتی، حقوقی و قراردادی	فنی و قانونی
۱۸	ریسک‌گریزی اعضای سازمان - مقاومت در برابر تغییر - اختلال در اشتغال - ترس از بیکاری / کاهش نیروی کار - فشار بی‌دلیل به نیروی	ترس از بیکاری و مقاومت در مقابل	منابع انسانی

ردیف	گُدهای استخراج‌شده (مطالعات پیشین)	مفهوم (موانع)	دسته
	انسانی - تغییرات جمعیتی، بیکاری و ذخیره مجدد مسائل - نبود فرصت‌های شغلی برای نیروی کار کم مهارت - فشار ناخواسته به نیروی انسانی - اختلال در مشاغل موجود - فرصت شغلی (به دلیل افزایش اتوماسیون در صنعت ۴۰۰، ربات‌ها در صنعت تولید مشاغل انسان‌ها را از بین می‌برند و فرصت‌های شغلی را کاهش می‌دهند)	تغییرات سازمانی و فرآیندی	
۱۹	عدم ادغام اقتصاد مدور در استراتژی سازمان - نبود شاخص‌ها و اهداف روشن - نداشتن اهداف استراتژیک بلندمدت - فقدان آرمان‌ها، اهداف و چشم‌اندازهای ملی تعریف شده برای حرکت به سمت اقتصاد مدور - فقدان استراتژی نسبت به صنعت ۴۰۰ - فقدان استراتژی دیجیتالی در کنار کمبود منابع - عملیات دیجیتال شرکت ضعیف، چشم‌انداز و استراتژی - فقدان چشم‌انداز و رهبری از سوی مدیران ارشد - عدم وجود نقشه راه راهبردی مشخص برای صنعت ۴۰۰ - عدم وجود نقشه راه دقیق برای تحقق صنعت ۴۰۰ - مدیریت عالی چشم‌انداز یا استراتژی را برای استفاده سازمانی از فناوری‌های خودسازگار و فرآیندهای دیجیتالی بیان نکرده است - نداشتن دید بلندمدت - فقدان استراتژی صنعت ۴۰۰ - نداشتن برنامه‌ریزی بلندمدت در مورد اتخاذ فناوری صنعت ۴۰۰ برای عملیات اخلاقی و پایدار	نداشتن چشم‌انداز و استراتژی (نقشه راه) اجرای اقتصاد مدور و صنعت ۴۰۰	سازمانی و مدیریتی
۲۰	سود اقتصادی نامشخص صنعت ۴۰۰ - موارد مالی یا هزینه‌های عملیاتی مبهم	هزینه‌های عملیاتی مبهم	اقتصادی
۲۱	فقدان بودجه حمایتی سرمایه‌گذاری، نوآوری و تحقیقات در مورد اقتصاد مدور - عدم دسترسی به بودجه - کمبود بودجه برای آموزش - کمبود بودجه برای تحقیق و توسعه - کمبود بودجه برای عملیات اقتصاد مدور - مقدار پول و زمان سرمایه‌گذاری شده برای آموزش کارکنان برای استفاده از این فناوری‌های خودسازگار و فرآیندهای دیجیتالی بسیار زیاد است - هزینه بالای آموزش نیروی کار - محدودیت‌های مالی به عنوان هزینه آموزش و مشاوره بالا	کمبود بودجه و ابزارهای مالی جهت آموزش و تحقیق و توسعه و عملیات	اقتصادی
۲۲	فرهنگ زیست‌محیطی شرکت - عدم فرهنگ‌سازی برای اقتصاد مدور - وجود فرهنگ سیستم خطی - فقدان فرهنگ سازمانی نوآورانه - فقدان فرهنگ دیجیتال - فقدان فرهنگ و آموزش دیجیتالی داخلی - فرهنگ تولیدکننده و مشتری (ترس از تغییر فرهنگ) - عدم پشتکار؛ تمرکز بر نتیجه و نه راه‌حل‌ها - نداشتن آمادگی برای نوآوری؛ هیچ موجودیت جسمی و روحی کافی در یک شرکت وجود ندارد.	وجود فرهنگ سنتی و خطی در سازمان	منابع انسانی
۲۳	چالش در ادغام زنجیره ارزش - مشکل در هماهنگی واحدهای مختلف سازمانی	عدم ادغام و یکپارچه‌سازی زنجیره ارزش درون و برون سازمانی	فنی و قانونی
۲۴	موانع قوانین و مقررات - عدم اجرای قوانین اقتصاد مدور به میزان کافی	فقدان استانداردها،	فنی و

ردیف	کُدهای استخراج‌شده (مطالعات پیشین)	مفهوم (موانع)	دسته
	- موانع مربوط به قوانین و مقررات - فقدان قوانین و مقررات زیست‌محیطی - نبود قوانین و مقررات حمایتی - نبود قوانین دیجیتال - فقدان استانداردها، مقررات و فرم‌های صدور گواهینامه - فقدان استانداردها و مقررات - استانداردهای جهانی، پروتکل‌ها، سیستم‌عامل‌های یکپارچه، بدون اجماع جهانی (فقدان چارچوبی عمومی) - نبود استانداردهای جهانی برای صنعت ۴.۰ - فقدان مقررات قانونی برای مدیریت مالکیت داده‌ها، حق چاپ و نگرانی‌های حقوق مالکیت حقوق مالکیت اطلاعات - عدم وجود مقررات قانونی برای مدیریت جرایم سایبری و سرقت اطلاعات - فقدان استانداردها و معماری‌های مرجع - مسائل مربوط به مقررات و قوانین - فقدان استانداردها	قوانین و مقررات در حوزه دیجیتال و اقتصاد مدور	قانونی

**گام هشتم: حفظ کنترل کیفیت.** برای بررسی کنترل کیفیت (پایایی مدل) از شاخص کاپا استفاده شده است؛ به این صورت که خبره دیگری که متخصص حوزه مدیریت و پایداری باشد، بدون اطلاع از نحوه ادغام کدها و مفاهیم ایجادشده توسط پژوهشگر، اقدام به گروه‌بندی مفاهیم می‌کند؛ سپس گروه‌های ارائه‌شده توسط پژوهشگر با گروه‌های ارائه‌شده توسط خبره، مقایسه می‌شود. با توجه به جدول ۶، پژوهشگر ۵ گروه و خبره دیگر ۶ گروه ایجاد کرده‌اند که از این تعداد، ۴ گروه مشترک هستند. طبق محاسبات صورت‌گرفته، مقدار شاخص کاپا برابر با ۰/۵۶۰ است که در سطح توافق مناسب قرار دارد و در نتیجه پایایی مدل تأیید می‌شود.

جدول ۶. نحوه محاسبه وضعیت تبدیل کدها به مفاهیم توسط پژوهشگر و فرد خبره

نظر پژوهشگر				
	بله	خبر	مجموع کدگذار اول	
نظر خبره	بله	A=۴	B=۱	۵
	خبر	C=۲	D=۰	۲
	مجموع کدگذار دوم	۶	۱	N=۷

$$\text{توافقات مشاهده‌شده} = \frac{A+D}{N} = \frac{4}{7} = 0.571$$

$$\text{توافقات شانس} = \frac{A+B}{N} \times \frac{A+C}{N} \times \frac{C+D}{N} \times \frac{B+D}{N} = \frac{5}{7} \times \frac{6}{7} \times \frac{2}{7} \times \frac{1}{7} = 0.0249$$

$$\text{مقدار شاخص کاپا} = \frac{\text{توافقات شانس} - \text{توافقات مشاهده شده}}{1 - \text{توافقات شانس}} = \frac{0.571 - 0.0249}{1 - 0.0249} = 0.560$$

**گام هفتم: ارائه یافته‌ها:** در این مرحله موانع و تعاریف آن‌ها ارائه شده است که در جدول ۷ و شکل ۳، مشاهده می‌شود.

جدول ۷. موانع اجرای اقتصاد مدور و صنعت ۴.۰

ابعاد	موانع	تعریف
اقتصادی	هزینه‌های بالای سرمایه‌گذاری اولیه و بازگشت سرمایه طولانی‌مدت	در مراحل اولیه اجرای اقتصاد مدور و صنعت ۴۰، به دلیل سرمایه‌گذاری‌هایی که در زیرساخت‌ها و آموزش انجام می‌شود، انتظار می‌رود سازمان با هزینه‌های زیادی که ممکن است در طولانی‌مدت جبران شود، مواجه شود.
	فقدان سازوکارهای مالی از سوی سیاست‌گذاران، دولت و نهادهای اجتماعی	فقدان مشوق‌های اقتصادی و حمایت مالی از سوی بازارهای دولتی و خصوصی برای سرمایه‌گذاری در اقتصاد مدور و صنعت ۴۰
	هزینه‌های عملیاتی مبهم	سود اقتصادی نامشخص صنعت ۴۰ و اقتصاد مدور با توجه به هزینه‌های پنهان و غیرقابل‌پیش‌بینی که ممکن است در اجرا برای سازمان به همراه داشته باشد.
	کمبود بودجه و ابزارهای مالی برای آموزش و تحقیق و توسعه و عملیات	امور مالی برای حمایت از زیرساخت‌ها، اطلاعات موردنیاز و نیروی انسانی مدیریت زنجیره تأمین مدور و فناوری‌های صنعت ۴۰ ضروری است. شرکت‌ها برای اجرای فعالیت‌های اقتصاد مدور و صنعت ۴۰ نیاز به تخصیص بودجه و سایر منابع مالی دارند. فقدان بودجه مناسب (به دلیل هزینه‌های بالای سرمایه‌گذاری) یکی از موانع اصلی در اجرا می‌شود.
سازمانی-مدیریتی	نداشتن چشم‌انداز و استراتژی (نقشه راه) اجرای اقتصاد مدور و صنعت ۴۰	عدم برنامه‌ریزی استراتژیک می‌تواند به‌عنوان یک مانع قابل‌توجه در برابر برنامه‌های اقتصاد مدور و صنعت ۴۰ عمل کند. نقش برنامه‌ریزی استراتژیک برای هر مفهوم جدیدی مهم است که نهادینه شده و در تجارت روزمره گنجانده شود.
	دسترسی محدود به مواد اولیه بازاریافتی در کمیت و کیفیت موردنیاز	کمبود مواد اولیه مناسب در بازار برای تولید و استفاده مجدد یکی از موانع اجرای اقتصاد مدور در زنجیره تأمین به‌شمار می‌رود؛ همچنین کیفیت مواد بازاریافتی نیز در سطح مناسبی نیست.
	عدم دانش و آگاهی مدیریت از اقتصاد مدور و صنعت ۴۰	با توجه به جدیدبودن مفاهیم اقتصاد مدور و صنعت ۴۰ در دنیای کسب‌وکار، به‌خصوص در ایران، مدیران سازمان، دانش و آگاهی کمی پیرامون مزایا و ضرورت اجرای چنین مفاهیمی در سازمان دارند.
	ضعف سازمان در فعالیت‌های تحقیق و توسعه	واحدهای تحقیق و توسعه در سازمان در جهت پیاده‌سازی اقتصاد مدور و توسعه فناوری‌های دیجیتال فعالیت نمی‌کنند.
زیرساختی	وجود تفکر بوروکراتیک و خطی در مدیریت سازمان	غالب‌بودن تفکر سنتی و خطی (خرید - ساخت - دورریختن) در سطح مدیریت ارشد سازمان و نداشتن دیدگاه مدور از موانع حمایت و تعهد مدیران نسبت به طرح‌های اجرای اقتصاد مدور و صنعت ۴۰ در سازمان است.
	فقدان سیستم مدیریت عملکرد مبتنی بر اقتصاد مدور و صنعت ۴۰	فقدان شاخص‌های عملکرد استاندارد برای ارزیابی شاخص مدورگرایی و هوشمندی زنجیره تأمین.
	فقدان زیرساخت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری	اقتصاد مدور، فناوری محور است و فناوری لازم برای اجرای اقتصاد مدور است. فقدان ظرفیت فنی و فناوری شرکت‌ها و همچنین ناتوانی آن‌ها در داشتن ابزارهای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری ممکن برای پذیرش شیوه‌های اقتصاد مدور، یکی از موانع به‌شمار می‌رود.
	فقدان مدل‌ها و چارچوب‌های	مدل‌های کسب‌وکار کنونی از اصول اقتصاد مدور و صنعت ۴۰ حمایت

ابعاد	موانع	تعریف
	کسب‌وکار مدور و هوشمند	نمی‌کنند و دارای رویکردی سنتی و خطی در درآمدزایی هستند.
	نبود پژوهش‌های تجربی و کاربردی در کشور	به دلیل جدیدبودن مفاهیم اقتصاد مدور و صنعت ۴۰، پژوهش‌های تجربی و کاربردی بسیار کمی در این زمینه وجود دارد.
	فقدان سیستم‌های اطلاعاتی و مدیریت دانش استاندارد	پیاده‌سازی اصول اقتصاد مدور مانند بازیافت، تولید مجدد، استفاده مجدد و تعمیر و نگهداری نیازمند وجود سیستم اطلاعاتی به‌روز و دقیق و سیستم مدیریت دانش است؛ بنابراین فقدان وجود چنین سیستم‌هایی در سازمان، کار اجرای اقتصاد مدور در سازمان را با مشکل مواجه می‌سازد.
	سطح پایین بلوغ فناوری و عدم یکپارچه‌سازی و سازگاری بین فعالیت‌های مختلف	یکی از معیارهایی که برای تعیین میزان آمادگی و بلوغ فناوری به کار می‌رود، سطح بلوغ فناوری است که ابزاری تحلیلی به‌منظور ارزیابی سطح آمادگی فناوری و میزان خطرپذیری ناشی از به‌کارگیری فناوری در مراحل توسعه محصول است. هر چه سازگاری بین فعالیت‌های مختلف سازمان کمتر باشد، ریسک ناشی از به‌کارگیری فناوری بیشتر می‌شود.
	کمبود تخصص و آگاهی کارکنان در خصوص اقتصاد مدور و صنعت ۴۰	کمبود نیروی انسانی متخصص و آشنا با اصول و نحوه اجرای اقتصاد مدور و فناوری‌های نوین صنعت ۴۰ در سازمان
	فقدان سیستم مناسب آموزش و توسعه منابع انسانی	در کشور ایران فقدان نگرش سیستمی و یکپارچه به توسعه منابع انسانی و آموزش، به‌خصوص آموزش فنی و حرفه‌ای در سازمان‌ها، بزرگ‌ترین چالش توسعه منابع انسانی است. فقدان هدف‌گذاری، نیازسنجی و تنظیم محتوای آموزشی بر اساس سواد زیست‌محیطی و دیجیتال از موانع مهم به‌شمار می‌رود.
	ترس از بیکاری و مقاومت در مقابل تغییرات سازمانی و فرآیندی	استفاده از فناوری‌های نوین باعث افزایش بهره‌وری، کارایی و کاهش هزینه‌ها می‌شود و همین مورد ترس از بیکاری را به‌وجود می‌آورد. در اصل ترس و واکنش از اینکه امنیت شغلی به خطر بیفتد، ریشه و منشأ مقاومت خیلی از کارکنان در برابر این سیستم جدید و در فرایندهای تجاری محسوب می‌شود.
	وجود فرهنگ سنتی و خطی در سازمان	پذیرش اقتصاد مدور و صنعت ۴۰ مستلزم تغییر در فرهنگ است؛ زیرا اکنون سازمان‌ها به کارخانه‌های هوشمند تبدیل می‌شوند. به دلیل اتوماسیون، عملکرد سازمان‌ها تغییر می‌کند و به تمرکززدایی و انتقال نقش‌ها و مسئولیت‌ها منجر می‌شود. علی‌رغم این موضوع، کارکنان سازمان‌ها به دلیل عدم آموزش و آگاهی نسبت به مفاهیم اقتصاد مدور و صنعت ۴۰، دارای فرهنگ سنتی و خطی هستند.
	نبود هماهنگی و همکاری بین شرکای زنجیره تأمین	یکی از الزامات اجرای اقتصاد مدور در زنجیره تأمین، هماهنگی و همکاری بین عناصر و شرکای زنجیره تأمین است که یکی از نموده‌های آن، همزیستی صنعتی بین شرکای زنجیره تأمین است و فقدان آن باعث شکست در اجرا می‌شود.
	مشکلات مربوط به انتقال فناوری‌های پیشرفته به کشور	به دلیل وجود تحریم‌های بین‌المللی و محدودیت واردات، انتقال فناوری‌های پیشرفته صنعت ۴۰ به کشور با مشکل مواجه است.
	فقدان سازوکار نظارتی، حقوقی و قراردادی	حمایت و راهنمایی مقامات نظارتی در زمینه مدیریت پسماند، مقررات به‌صورت اهداف کاهش و بازیافت زباله، تدوین حداقل استانداردهای بهره‌وری انرژی برای تجهیزات، برای جلوگیری از آلودگی و کاهش بار زیست‌محیطی

تعریف	موانع	ابعاد
به‌صورت پایدار ضروری است.		
از آنجا که پیاده‌سازی اقتصاد مدور، ممکن است نیاز به بستن حلقه زنجیره‌های تأمین سنتی داشته باشد، پیچیدگی پویا و عدم اطمینان عمیق در چنین سناریویی بسیار مهم است؛ بنابراین مبانی نظری موضوع، عدم یکپارچگی زنجیره تأمین و اثرات پیچیدگی زنجیره‌های ارزش را به‌عنوان موانع مهم برای اقتصاد مدور برمی‌شمارد.	عدم ادغام و یکپارچه‌سازی زنجیره ارزش درون و برون‌سازمانی	
قوانین و مقررات فعلی به نفع مدل اقتصاد خطی است و در حوزه اقتصاد مدور و فناوری‌های دیجیتال، کشور با فقدان استانداردها و قوانین و مقررات روبه‌رو است.	فقدان استانداردها، قوانین و مقررات در حوزه دیجیتال و اقتصاد مدور	

### سازمانی-مدیریتی

- نبود چشم‌انداز و استراتژی (نقشه راه) اجرای اقتصاد مدور و صنعت ۴.۰
- دسترسی محدود به مواد اولیه بازیافتی در کمیت و کیفیت موردنیاز
- عدم دانش و آگاهی مدیریت از اقتصاد مدور و صنعت ۴.۰
- ضعف سازمان در فعالیت‌های تحقیق و توسعه
- وجود تفکر بوروکراتیک و خطی در مدیریت سازمان
- نبود سیستم مدیریت عملکرد مبتنی بر اقتصاد مدور و صنعت ۴.۰

### زیرساختی

- فقدان زیرساخت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری
- فقدان مدل‌ها و چارچوب‌های گسب و کار مدور و هوشمند
- فقدان پژوهش‌های تجربی و کاربردی در کشور
- عدم وجود سیستم‌های اطلاعاتی و مدیریت دانش استاندارد
- سطح پایین بلوغ فناوری و عدم یکپارچه‌سازی و سازگاری بین فعالیت‌های مختلف

### اقتصادی

- هزینه‌های بالای سرمایه‌گذاری اولیه و بازگشت سرمایه طولانی‌مدت
- فقدان سازوکارهای مالی از سوی سیاست‌گذاران، دولت و نهادهای اجتماعی
- هزینه‌های عملیاتی مهم
- کمبود بودجه و ابزارهای مالی برای آموزش و تحقیق و توسعه و عملیات

### فنی-قانونی

- ناهماهنگی و همکاری بین شرکای زنجیره تأمین
- مشکلات مربوط به انتقال فناوری‌های پیشرفته به کشور
- فقدان سازوکار نظارتی، حقوقی و قراردادی
- عدم ادغام و یکپارچه‌سازی زنجیره ارزش درون و برون‌سازمانی
- فقدان استانداردها، قوانین و مقررات در حوزه دیجیتال و اقتصاد مدور



### منابع انسانی

- کمبود تخصص و آگاهی کارکنان در خصوص اقتصاد مدور و صنعت ۴.۰
- فقدان سیستم مناسب آموزش و توسعه منابع انسانی
- ترس از بیکاری و مقاومت در مقابل تغییرات سازمانی و فرآیندی
- وجود فرهنگ سنتی و خطی در سازمان

شکل ۳. موانع اجرای اقتصاد مدور و صنعت ۴.۰



شناسایی روابط و میزان اهمیت موانع پیاده‌سازی اقتصاد مدور و صنعت ۴۰. در این پژوهش برای تعیین میزان تأثیرگذاری یا تأثیرپذیری و میزان اهمیت موانع از تکنیک ترکیبی دنپ فازی استفاده شده است. با توجه به فرآیند انجام این تکنیک که در بخش‌های گذشته تشریح شد، در ابتدا ماتریس‌های اولیه تکمیل نشده در اختیار ۱۰ نفر از خبرگان قرار گرفت و از آنان درخواست شد که با مقایسه زوجی ابعاد و موانع هر بعد با یکدیگر، شدت تأثیر عامل سطری را بر عوامل ستونی را به صورت عددی میان ۰ تا ۴ در خانه‌های مربوط به آن‌ها درج کنند؛ سپس مطابق با جدول ۸، این اعداد به اعداد فازی مثلثی تبدیل شدند. در مرحله بعد، پس از جمع‌بندی و محاسبه میانگین حسابی نظرهای خبرگان و نرمال‌سازی ماتریس اولیه روابط مستقیم فازی، ماتریس روابط مستقیم فازی نرمال شده به دست آمد (جدول ۸).

جدول ۸. ماتریس نرمال فازی (شدت روابط مستقیم) برای ابعاد

ابعاد	اقتصادی	سازمانی - مدیریتی	زیرساختی	منابع انسانی	فنی - قانونی
اقتصادی	(۰، ۰، ۰)	(۰/۱۷۷، ۰/۲۴۸)	(۰/۱۹۱، ۰/۲۵۵)	(۰/۲۲۷، ۰/۲۸۴)	(۰/۲۱۳)
سازمانی - مدیریتی	(۰، ۰، ۰)	(۰، ۰، ۰)	(۰/۰۷۱، ۰/۱۴۲)	(۰/۰۷۸، ۰/۱۴۹)	(۰/۱۵۶)
زیرساختی	(۰/۱۲۸، ۰/۱۹۹)	(۰/۱۷۰، ۰/۲۴۱)	(۰، ۰، ۰)	(۰/۱۸۴، ۰/۲۵۵)	(۰/۲۸۴)
منابع انسانی	(۰/۰۹۹، ۰/۱۷۰)	(۰/۰۹۹، ۰/۱۷۰)	(۰/۱۲۸، ۰/۱۹۹)	(۰، ۰، ۰)	(۰/۲۲۷)
فنی - قانونی	(۰/۱۷۷، ۰/۲۴۸)	(۰/۱۶۳، ۰/۲۲۷)	(۰/۱۱۳، ۰/۱۸۴)	(۰/۱۹۹، ۰/۲۷۰)	(۰، ۰، ۰)

بعد از نرمال‌سازی نظر خبرگان در رابطه با ابعاد، ماتریس T طبق روابط مرحله چهارم تکنیک دیمتل فازی برای هر یک از حدهای فازی (L، M و U) محاسبه و در نهایت با ترکیب سه ماتریس، ماتریس روابط مجموع نهایی T در قالب جدول ۹، به دست آمد.

جدول ۹. ماتریس T فازی

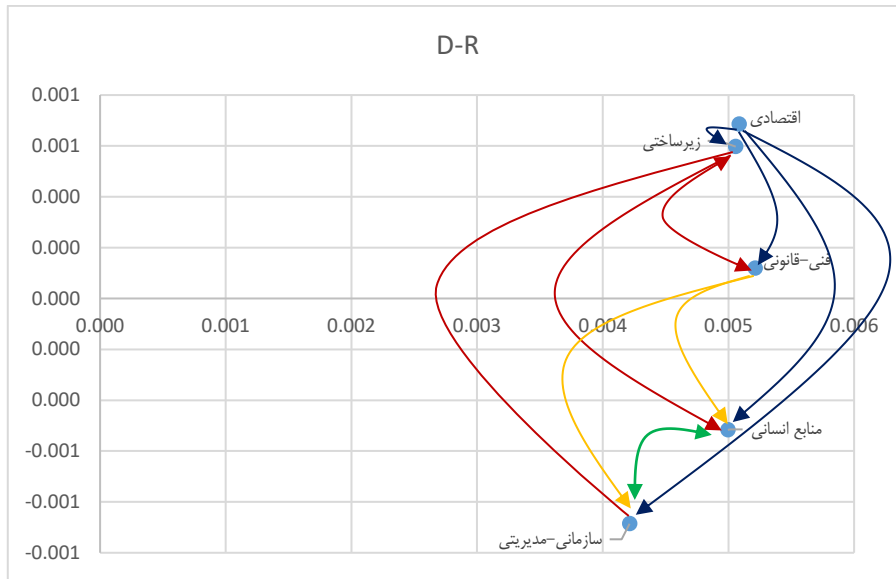
ابعاد	اقتصادی	سازمانی - مدیریتی	زیرساختی	منابع انسانی	فنی - قانونی
اقتصادی	(۱/۱۷۷، ۲/۰۱۷)	(۰/۳۶۷، ۱/۳۴۳)	(۰/۳۴۶، ۱/۳۳۵)	(۱/۴۴۲)	(۰/۳۴۹، ۱/۳۱۶)
سازمانی - مدیریتی	(۰/۷۹۲، ۰/۱۵۶)	(۱/۱۰۲، ۱/۷۴۴)	(۰/۱۴۳)	(۰/۱۹۵، ۰/۴۲۹)	(۰/۱۸۲، ۰/۸۷۵)
زیرساختی	(۰/۲۹۰، ۱/۱۶۹)	(۰/۳۵۸، ۱/۳۱۹)	(۱/۰۱۸)	(۰/۱۸۶، ۰/۰۲۸)	(۰/۴۱۱، ۱/۳۴۴)
منابع انسانی	(۰/۹۷۳، ۰/۲۲۰)	(۰/۲۴۶، ۱/۰۷۴)	(۰/۰۷۴)	(۱/۹۹۱)	(۰/۳۰۱، ۱/۱۱۰)
فنی - قانونی	(۰/۳۱۱، ۱/۱۵۸)	(۰/۳۳۴، ۱/۲۶۲)	(۰/۲۶۸، ۱/۱۳۷)	(۱/۳۶۳)	(۱/۱۹۸، ۲/۰۷۲)

در ادامه، D (جمع سطرها) و R (جمع ستون‌ها) محاسبه و با توجه به روش مرکز ناحیه از حالت فازی خارج شدند. نتیجه به همراه D+R و D-R در جدول ۱۰، مشاهده می‌شود.

جدول ۱۰. محاسبات D و R

ابعاد	(D <sub>i</sub> ) <sup>def</sup>	(R <sub>i</sub> ) <sup>def</sup>	D+R	D-R
اقتصادی	۲/۸۸۵	۲/۱۹۹	۵/۰۸۴	۰/۶۸۶
سازمانی - مدیریتی	۱/۶۶۴	۲/۵۵۰	۴/۲۱۳	-۰/۸۸۶
زیرساختی	۲/۸۲۸	۲/۳۳۱	۵/۰۵۸	۰/۵۹۷
منابع انسانی	۲/۲۳۹	۲/۷۵۶	۴/۹۹۵	-۰/۵۱۷
فنی - قانونی	۴/۶۶۶	۲/۵۴۶	۵/۲۱۲	۰/۱۱۹

به استناد برآیند نظر خبرگان در ارتباط میان ابعاد موانع پیاده‌سازی اقتصاد مدور و صنعت ۴۰ و داده‌های جدول ۱۰، نمودار علت و معلولی به صورت شکل ۴، ترسیم شد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، موانع اقتصادی تأثیرگذارترین و موانع سازمانی - مدیریتی تأثیرپذیرترین موانع در پیاده‌سازی اقتصاد مدور و صنعت ۴۰ محسوب می‌شوند.



شکل ۴. روابط علت و معلولی ابعاد موانع پیاده‌سازی اقتصاد مدور و صنعت ۴۰.

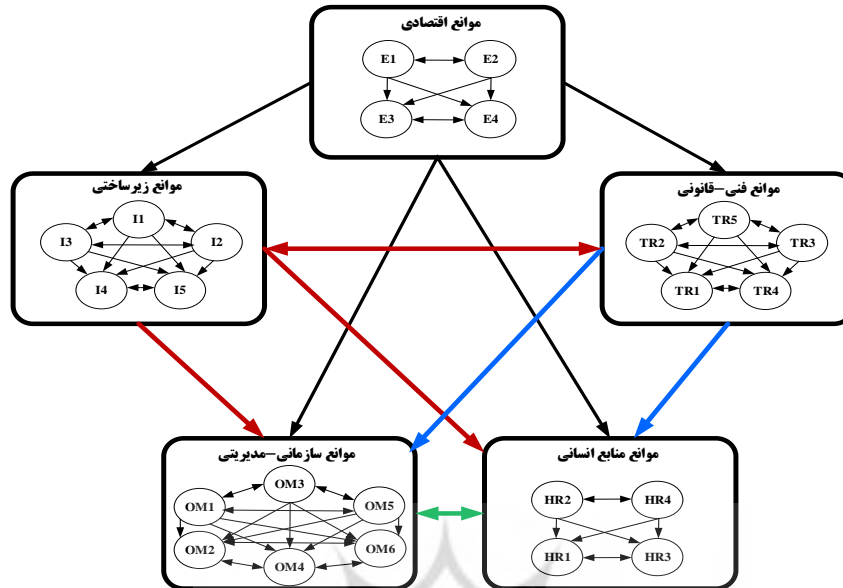
به همین ترتیب برای موانع هر بُعد، مقدار  $D$ ،  $R$  و  $D+R$  و  $D-R$  محاسبه شد که در جدول ۱۱، مشاهده می‌شود.

جدول ۱۱. محاسبه  $R$  و  $D$  برای همه موانع

D-R	D+R	$(R_i)_{defuzzy}$	$(D_i)_{defuzzy}$	$R_i$	$D_i$	موانع	ابعاد
-۰/۵۶۳	۳/۹۶۳	۱/۷۱۳	۲/۲۴۹	(۰/۳۰۰، ۳/۷۸۷، ۱/۰۵۳)	(۰/۵۹۶، ۴/۶۶۳، ۱/۴۸۹)	E1	اقتصادی
-۰/۷۴۲	۳/۷۷۴	۱/۵۱۶	۲/۲۵۸	(۰/۲۰۲، ۳/۴۶۹، ۰/۸۷۷)	(۰/۶۰۱، ۴/۶۷۶، ۱/۴۹۷)	E2	
-۰/۶۱۱	۳/۴۲۰	۲/۰۱۵	۱/۴۰۵	(۰/۴۹۱، ۴/۲۶۲، ۱/۲۹۲)	(۰/۱۷۵، ۳/۲۵۱، ۰/۷۸۸)	E3	
-۰/۶۶۸	۳/۳۳۲	۲	۱/۳۳۲	(۰/۴۸۸، ۴/۲۲۸، ۱/۲۸۴)	(۰/۱۰۹، ۳/۱۵۵، ۰/۷۳۳)	E4	
-۰/۳۷۲	۳/۱۷۴	۱/۴۰۱	۱/۷۷۳	(۰/۳۱۶، ۳/۹۰۸، ۰/۹۷۹)	(۰/۵۴۳، ۳/۴۳۰، ۱/۳۴۵)	OM1	سازمانی-مدیریتی
-۰/۴۰۰	۲/۸۴۰	۱/۶۲۰	۱/۲۲۰	(۰/۴۷۵، ۳/۱۷۷، ۱/۲۰۹)	(۰/۲۱۹، ۲/۶۳۰، ۰/۸۱۰)	OM2	

۰/۶۰۲	۳/۳۱۲	۱/۳۵۵	۱/۹۵۷	۰/۹۵۰،۲/۸۱۹ (۰/۳۹۶)	۰/۵۱۹،۳/۶۸۸ (۰/۶۶۴)	OM3	
-۰/۵۲۲	۲/۷۶۴	۱/۶۴۳	۱/۱۲۱	۰/۳۲۷،۳/۲۳۵ (۰/۴۶۷)	۰/۷۲۸،۲/۴۸۳ (۰/۱۵۲)	OM4	
-۰/۳۲۵	۳/۲۹۱	۱/۴۸۳	۱/۸۰۸	۰/۰۷۱،۲/۹۹۶ (۰/۳۸۱)	۰/۳۷۳،۳/۴۸۹ (۰/۵۶۲)	OM5	
-۰/۳۷۶	۲/۵۴۰	۱/۴۵۸	۱/۰۸۲	۰/۰۲۹،۳/۰۰۲ (۰/۳۴۴)	۰/۶۹۰،۲/۴۱۶ (۰/۱۴۰)	OM6	
-۰/۵۹۳	۴/۴۰۲	۱/۹۰۴	۲/۴۹۸	۰/۹۶۵،۴/۴۰۹ (۰/۳۳۸)	۰/۴۱۱،۵/۴۹۴ (۰/۵۸۸)	I1	
-۰/۵۲۰	۴/۳۸۰	۱/۹۳۰	۲/۴۵۰	۰/۹۹۰،۴/۴۵۰ (۰/۳۵۰)	۰/۳۶۴،۵/۴۳۳ (۰/۵۵۳)	I2	
-۰/۵۵۹	۴/۶۰۰	۲/۰۲۰	۲/۵۷۹	۰/۰۳۵،۴/۶۹۲ (۰/۳۳۴)	۰/۴۴۲،۵/۶۸۸ (۰/۶۰۸)	I3	زیرساختی
-۰/۹۶۶	۳/۹۱۷	۲/۴۴۱	۱/۴۷۶	۰/۳۴۱،۵/۴۴۴ (۰/۵۳۹)	۰/۶۴۳،۳/۶۳۲ (۰/۱۵۲)	I4	
-۰/۷۰۷	۴/۰۴۸	۲/۳۷۷	۱/۶۷۱	۰/۳۱۴،۵/۳۰۱ (۰/۵۱۷)	۰/۷۸۶،۴/۰۴۹ (۰/۱۷۷)	I5	
-۰/۷۷۰	۲/۴۰۵	۱/۵۸۸	-۰/۸۱۸	۰/۱۴۳،۳/۱۷۴ (۰/۴۴۶)	۰/۴۵۹،۱/۹۹۴ (۰/۰۰۰)	HR1	
-۰/۷۳۰	۲/۸۹۱	۱/۰۸۱	۱/۸۱۱	۰/۶۹۳،۲/۴۲۳ (۰/۱۲۶)	۰/۳۵۹،۳/۴۷۶ (۰/۵۹۸)	HR2	منابع انسانی
-۰/۶۰۹	۲/۳۹۸	۱/۵۰۴	-۰/۸۹۴	۰/۰۷۹،۲/۹۸۰ (۰/۴۵۲)	۰/۵۱۶،۲/۱۰۴ (۰/۰۶۲)	HR3	
-۰/۶۵۰	۲/۸۵۴	۱/۱۰۲	۱/۷۵۲	۰/۷۱۷،۲/۴۰۰ (۰/۱۹۱)	۰/۲۹۷،۳/۴۰۴ (۰/۵۵۴)	HR4	
-۰/۷۵۵	۳/۵۴۷	۲/۱۵۱	۱/۳۹۶	۰/۴۳۶،۴/۴۴۷ (۰/۵۷۰)	۰/۷۸۴،۲/۲۶۱ (۰/۱۴۲)	TR1	
-۰/۳۲۶	۴/۳۰۵	۱/۹۹۰	۲/۳۱۵	۰/۲۹۱،۴/۲۱۸ (۰/۴۶۰)	۰/۵۷۱،۴/۷۶۳ (۰/۶۱۲)	TR2	
-۰/۵۵۸	۴/۳۹۲	۱/۹۱۷	۲/۴۷۵	۰/۲۳۸،۴/۰۹۰ (۰/۴۲۴)	۰/۶۹۱،۵/۰۳۹ (۰/۶۹۴)	TR3	فنی - قانونی
-۰/۷۴۳	۳/۷۱۲	۲/۲۲۸	۱/۴۸۵	۰/۴۶۷،۴/۶۶۶ (۰/۵۵۰)	۰/۸۷۶،۳/۳۴۸ (۰/۲۳۰)	TR4	
-۰/۶۱۵	۴/۴۴۲	۱/۹۱۳	۲/۵۲۸	۰/۲۳۴،۴/۱۰۳ (۰/۴۰۳)	۰/۷۴۴،۵/۱۱۲ (۰/۷۲۹)	TR5	

با توجه به نتایج، الگوی روابط بین موانع پیاده‌سازی اقتصاد مدور و صنعت ۴۰ در کارخانه شیشه اردکان یزد را می‌توان به صورت شکل ۵، مشاهده کرد.



شکل ۵. الگوی روابط بین موانع پیاده‌سازی اقتصاد مدور و صنعت ۴۰

در ادامه طبق روابط مطرح‌شده، سوپرماتریس وزن‌دار نشده ابعاد و همچنین موانع ایجادشده و با ضرب عناصر مربوط به وزن هر بلاک از روی سوپرماتریس ابعاد، سوپرماتریس وزن‌دار شده به دست می‌آید؛ سپس باید این سوپرماتریس را به توان بی‌نهایت رساند. به منظور محاسبه حد بی‌نهایت، ماتریس وزن‌دار شده آنقدر به توان رسانده میشود تا با ۲ رقم اعشار همگرا شود. در این حالت عناصر یک سطر با یکدیگر برابر می‌شوند و عدد به دست آمده وزن نهایی زیر معیار را مشخص می‌کند. نتایج را می‌توان در جدول شماره ۱۲ مشاهده کرد. یافته‌ها نشان می‌دهد که در بین ابعاد، موانع منابع انسانی و فنی - قانونی که از موانع تأثیرپذیر (معلول) هستند، به ترتیب مهم‌ترین موانع اجرای اقتصاد مدور و صنعت ۴۰ محسوب می‌شوند؛ همچنین در تحلیلی جامع، موانع کمبود تخصص و آگاهی کارکنان در خصوص اقتصاد مدور و صنعت ۴۰، ترس از بیکاری و مقاومت در مقابل تغییرات سازمانی و فرآیندی، کمبود بودجه و ابزارهای مالی برای آموزش و تحقیق و توسعه و عملیات، فقدان سیستم مناسب آموزش و توسعه منابع انسانی و هزینه‌های عملیاتی مبهم به ترتیب مهم‌ترین موانع موجود در پیاده‌سازی اقتصاد مدور و صنعت ۴۰ در زنجیره تأمین صنایع آلاینده همانند صنعت شیشه‌سازی محسوب می‌شوند.

جدول ۱۲. نتایج رتبه‌بندی موانع با استفاده از روش دلفی فازی

رتبه	وزن نهایی	وزن نسبی	موانع	وزن	ابعاد	
۸	۰/۰۴۳۹	۰/۲۴۱۳	هزینه‌های بالای سرمایه‌گذاری اولیه و بازگشت سرمایه طولانی‌مدت	E1	اقتصادی	
۱۵	۰/۰۳۹۳	۰/۲۱۶۱	فقدان سازوکارهای مالی از سوی سیاست‌گذاران، دولت و نهادهای اجتماعی	E2		۱/۱۸۱۹
۵	۰/۰۴۹۱	۰/۲۶۹۹	هزینه‌های عملیاتی مبهم	E3		۰
۳	۰/۰۴۹۶	۰/۲۷۲۵	کمبود بودجه و ابزارهای مالی برای آموزش و تحقیق و توسعه و عملیات	E4		
۲۳	۰/۰۳۲۵	۰/۱۵۸۹	نبود چشم‌انداز و استراتژی (نقشه راه) اجرای اقتصاد مدور و صنعت ۴۰	OM1		
۱۷	۰/۰۳۶۱	۰/۱۷۶۶	دسترسی محدود به مواد اولیه بازاریابی در کمیت و کیفیت مورد نیاز	OM2		
۲۴	۰/۰۳۱۷	۰/۱۵۵۱	عدم دانش و آگاهی مدیریت از اقتصاد مدور و صنعت ۴۰	OM3	۱/۲۰۴۳	سازمانی - مدیریتی
۱۶	۰/۰۳۶۷	۰/۱۷۹۷	ضعف سازمان در فعالیت‌های تحقیق و توسعه	OM4	۰	
۱۹	۰/۰۳۴۳	۰/۱۶۷۷	وجود تفکر بوروکراتیک و خطی در مدیریت سازمان	OM5		
۲۲	۰/۰۳۳۰	۰/۱۶۲۰	نبود سیستم مدیریت عملکرد مبتنی بر اقتصاد مدور و صنعت ۴۰	OM6		
۲۱	۰/۰۳۳۱	۰/۱۸۰۱	فقدان زیرساخت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری	I1		
۲۰	۰/۰۳۳۲	۰/۱۸۰۵	فقدان مدل‌ها و چارچوب‌های کسب‌وکار مدور و هوشمند	I2		
۱۸	۰/۰۳۴۹	۰/۱۹۰۱	فقدان پژوهش‌های تجربی و کاربردی در کشور	I3	۱/۱۸۳۸	زیرساختی
۱۰	۰/۰۴۱۶	۰/۲۲۶۱	عدم وجود سیستم‌های اطلاعاتی و مدیریت دانش استاندارد	I4	۰	
۱۲	۰/۰۴۱۰	۰/۲۲۳۱	سطح پایین بلوغ فناوری و عدم یکپارچه‌سازی و سازگاری بین فعالیت‌های مختلف	I5		
۱	۰/۰۶۳۸	۰/۲۸۷۸	کمبود تخصص و آگاهی کارکنان در خصوص اقتصاد مدور و صنعت ۴۰	HR1		منابع انسانی
۴	۰/۰۴۹۴	۰/۲۲۲۷	فقدان سیستم مناسب آموزش و توسعه منابع انسانی	HR2	۱/۲۲۱۶	
۲	۰/۰۵۹۷	۰/۲۶۹۵	ترس از بیکاری و مقاومت در مقابل تغییرات سازمانی و فرآیندی	HR3	۰	
۶	۰/۰۴۸۸	۰/۲۲۰۰	وجود فرهنگ سنتی و خطی در سازمان	HR4		
۹	۰/۰۴۲۹	۰/۲۰۶۲	عدم هماهنگی و همکاری بین شرکای زنجیره	TR1	۱/۲۰۸۱	

تأمین			
۱۱	۰/۰۴۱۳	۰/۱۹۸۴	مشکلات مربوط به انتقال فناوری‌های پیشرفته به کشور
۱۴	۰/۰۳۹۴	۰/۱۸۹۱	فقدان سازوکار نظارتی، حقوقی و قراردادی
۷	۰/۰۴۴۷	۰/۳۱۴۷	عدم ادغام و یکپارچه‌سازی زنجیره ارزش درون و برون سازمانی
۱۳	۰/۰۳۹۸	۰/۱۹۱۴	فقدان استانداردها، قوانین و مقررات در حوزه دیجیتال و اقتصاد مدور

##### ۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در سیستم‌های عملیاتی معاصر، صنعت ۴۰ و اقتصاد مدور نقش بسزایی دارند. هم‌افزایی هر دو توانایی حرکت بیشتر به سمت جامعه پایدار را فراهم می‌سازد. مسائل زیست‌محیطی و اقتصادی مدیریت عملیات سازمان‌ها با توسعه هم‌زمان صنعت ۴۰ و اقتصاد مدور حل می‌شود. هدف از پژوهش حاضر، تحلیلی بر موانع پیاده‌سازی اقتصاد مدور و صنعت ۴۰ در زنجیره تأمین کارخانه شیشه اردکان یزد است. بدین منظور در مرحله نخست پژوهش با بررسی مقاله‌های مختلف و استفاده از روش فراترکیب، موانع مرتبط شناسایی و دسته‌بندی شد که حاصل آن شناسایی ۲۴ مانع در ۵ بُعد اقتصادی، سازمانی - مدیریتی، زیرساختی، منابع انسانی و فنی - قانونی بود. در مرحله دوم برای بررسی روابط علی و معلولی بین موانع و رتبه‌بندی آن‌ها از تکنیک ترکیبی دنپ فازی استفاده شد. نتایج پژوهش نشان داد که موانع اقتصادی، زیرساختی و فنی - قانونی به‌عنوان ابعاد تأثیرگذار (علی) محسوب می‌شوند که بر ابعاد منابع انسانی و سازمانی - مدیریتی تأثیر می‌گذارند. در بُعد اقتصادی، «کمبود بودجه و ابزارهای مالی برای آموزش و تحقیق و توسعه و عملیات» تأثیرپذیرترین و مهم‌ترین مانع محسوب می‌شوند. برخی از پژوهشگران نیز در پژوهش‌های خود به این موانع اشاره کرده‌اند [۱، ۲۵، ۴۳، ۵۳]. امور اقتصادی برای حمایت از زیرساخت‌ها، اطلاعات موردنیاز و نیروی انسانی مدیریت زنجیره تأمین ضروری است. سازمان‌ها برای پیاده‌سازی فعالیت‌های اقتصاد مدور نیاز به تخصیص بودجه و سایر منابع دارند. فناوری پارک، تولید ناب، لجستیک معکوس، سیستم‌های اطلاعاتی و فناوری کارآمد، توسعه محصول سبز، خرید سبز، اتخاذ سیستم مدیریت محیط‌زیست ایزو ۱۴۰۰۰، سواد محیط‌زیست برخی از روش‌های اقتصاد مدور هستند که برای همه آن‌ها نیاز به بودجه است. سیستم‌های اطلاعاتی و فناوری به بودجه بیشتری احتیاج دارند؛ زیرا بدون این موارد، ردیابی محصول، ردیابی محصول برگشتی و بازیابی محصول توسط فرآیندهای مختلف مانند استفاده مجدد، تولید مجدد، بازیافت و غیره، در محیط فعلی امکان‌پذیر نیست. آموزش نیروی کار و اعضای زنجیره تأمین برای بالابردن سطح سواد زیست‌محیطی و دیجیتال آن‌ها نیز برای مدیریت کارآمد و درنهایت

سودآوری مدیریت زنجیره تأمین بسیار مهم است. با این حال همه این موارد برای اجرای موفقیت‌آمیز نیاز به حمایت مالی و تخصیص بودجه دارند.

از دیگر ابعاد مهم، بُعد منابع انسانی است که در این بُعد «کمبود تخصص و آگاهی کارکنان در خصوص اقتصاد مدور و صنعت ۴.۰» و «ترس از بیکاری و مقاومت در مقابل تغییرات سازمانی و فرآیندی» مهم‌ترین و تأثیرپذیرترین موانع محسوب می‌شوند که این موانع ناشی از فقدان سیستم مناسب آموزش و توسعه منابع انسانی و ترس از بیکاری و مقاومت در مقابل تغییرات سازمانی و فرآیندی است. پژوهشگران زیادی به این موانع اشاره کرده‌اند [۳۲، ۴۳، ۴۵، ۵۰، ۵۳]. سواد زیست‌محیطی و دیجیتال را می‌توان به‌عنوان تخصص و درک نیروی کار و در نتیجه پاسخ‌های فعال هنگام برخورد با مسائل زیست‌محیطی (به‌جای پاسخ‌های واکنشی) و فناوری اطلاعات تعریف کرد. مدت‌هاست که تشخیص داده شده که آموزش از عناصر اساسی مدیریت زیست‌محیطی و منابع اثربخش است و از این رو ابزار مهمی برای جلب نظر جامعه صنعتی به سمت توسعه پایدارتر به‌شمار می‌رود. با آموزش کارکنان در زمینه پیشگیری از آلودگی، سازمان‌ها بهتر می‌توانند از مزایای ارتباط روزمره کارمندان با فرصت‌های بهبود عملکرد زیست‌محیطی استفاده کنند. برای دستیابی به عملکرد زیست‌محیطی و دیجیتال مطلوب، ارتقای مهارت‌ها و دانش کارکنان ضروری است. نیاز به سواد زیست‌محیطی و دیجیتال در کل سازمان گسترش می‌یابد و از بالادست به پایین دست می‌رسد؛ از این رو سطح پایین «سواد زیست‌محیطی» در میان کارکنان و شرکای زنجیره تأمین مانع اصلی برنامه‌های مدیریت زنجیره تأمین پایدار و هوشمند است؛ از سوی دیگر یکی از موانع اصلی در اجرای هر برنامه تحولی در سازمان، مقاومت در برابر تغییر است. افراد هر زمان ممکن از تغییر جلوگیری می‌کنند و اقتصاد مدور و صنعت ۴.۰ نیاز به یک تغییر اساسی در ذهنیت و عمل دارد. مقاومت عمومی در برابر تغییر اغلب مانعی برای برنامه‌های جدید است. تعهد کارمندان برای تغییر برنامه‌ها با توجه به اینکه آن‌ها واقعاً فعالیت‌های اجرایی را عملی می‌سازند، بسیار مهم است؛ بنابراین تعهد کم کارکنان می‌تواند مانع از پذیرش فرآیند پیاده‌سازی شود. عوامل ناملموس مانند ادراک، مالکیت و مشارکت در به‌دست‌آوردن تعهد نیروی کار برای انجام موفقیت‌آمیز هرگونه فعالیت تجاری بسیار مهم است و همین امر نیز پیش‌شرط اقتصاد مدور و صنعت ۴.۰ به‌شمار می‌رود. عدم تعهد و تمایل به افزایش تدریجی مزایای سیستم جدید ممکن است به کارمندان این تصور را بدهد که یک مد مدیریت کوتاه‌مدت را تشکیل می‌دهد که احتمال دارد در آینده با سیستم جدید جایگزین شود. به دلیل این عوامل، مقاومت در برابر تغییر و اتخاذ نوآوری از طرف نیروی کار که در فعالیت‌های مختلف کسب‌وکار فعالیت می‌کند، به‌عنوان یک مانع قابل توجه در برابر پیاده‌سازی اقتصاد مدور و صنعت ۴.۰ عمل می‌کند.



اگرچه موانعی که بیان شد از مهم‌ترین موانع پیاده‌سازی اقتصاد مدور و صنعت ۴۰ در صنایع تولیدی کشور به‌خصوص در کارخانه شیشه اردکان یزد محسوب می‌شوند، اما این صنعت برای اجرای موفق اقتصاد مدور و صنعت ۴۰، باید با محور قراردادن مهم‌ترین موانع، به همه موانع شناسایی شده توجه کافی را داشته باشد. استفاده از دستورالعمل‌های مشخص و چک‌لیست موانع مؤثر در هنگام تصمیم‌گیری می‌تواند کار تصمیم‌گیری را آسان‌تر و قدرت اجرای تصمیم‌گیری را بیشتر کند؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود بر اساس موانع و میزان اهمیت آن‌ها که در این پژوهش شناسایی شدند، دستورالعمل‌ها و چک‌لیست‌هایی تهیه شود و در اختیار مدیران اجرایی قرار گیرد. از محدودیت‌های مهم این پژوهش، جامعه آماری پژوهش است که در یکی از کارخانه‌های شیشه‌سازی انجام گرفت و این موضوع می‌تواند تعمیم‌پذیری نتایج را محدود کند؛ همچنین دسته‌بندی و نام‌گذاری ابعاد به‌صورت کیفی انجام شد؛ همچنین عدم استفاده از روش‌های غربالگری، مانند دلفی، برای بومی‌سازی موانع در فضای کسب‌وکار داخلی از دیگر محدودیت‌های پژوهش حاضر به‌شمار می‌رود. در همین راستا به پژوهشگران آتی نیز پیشنهاد می‌شود پژوهشی در این زمینه در صنایع دیگر انجام دهند تا نتایج بهتر و مناسب‌تری استخراج شود و در نهایت بتوان الگوی جامع‌تری طراحی کرد؛ زیرا صنعت‌های مختلف مشخصه‌ها و موانع متفاوت و خاص خود را دارند؛ همچنین پیشنهاد می‌شود، نامگذاری و دسته‌بندی ابعاد با استفاده از روش‌های پیمایشی و کمی، مانند روش تحلیل خوشه‌ای و غیره انجام پذیرد. اعتبارسنجی الگوی حاضر با رویکردهای کمی نیز می‌تواند توسط پژوهشگران آینده انجام شود.

**تعارض منافع.** برای ارائه مطالب و نگارش این مقاله هیچ‌گونه کمک مالی از هیچ فرد، نهاد و سازمانی دریافت نشده است و نتایج و دستاوردهای این مقاله به نفع یا ضرر سازمان یا فردی خاص نخواهد بود. حضور نویسندگان در این پژوهش به عنوان شاهدی بی‌طرف ولی متخصص بوده است و نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافی ندارند.

## منابع

1. Ahmed Khan, S., Shujaat Mubarik, M., & Kumar Paul, S. (2022). Analyzing cause and effect relationships among drivers and barriers to circular economy implementation in the context of an emerging economy. *Journal of Cleaner Production*, 364, 132618.
2. Bag, S., & Pretorius, J. H. C. (2020). Relationships between industry 4.0, sustainable manufacturing and circular economy: proposal of a research framework. *International Journal of Organizational Analysis*, 30(4), 864-898.
3. Bordeleau, F.E., Mosconi, E., & de Santa-Eulalia, L.A. (2020). Business intelligence and analytics value creation in industry 4.0: a multiple case study in manufacturing medium enterprises. *Production Planning & Control*, 31(2-3), 173-185.
4. Bressanelli, G., Adrodegari, F., Perona, M., & Saccani, N. (2018). Exploring how usage-focused business models enable circular economy through digital technologies. *Sustainability*, 10(3), 639
5. Büchi, G., Cugno, M., & Castagnoli, R. (2020). Smart factory performance and industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 150, 119790.
6. Butt, A.S. (2021). Strategies to mitigate the impact of COVID-19 on supply chain disruptions: a multiple case analysis of buyers and distributors. *The International Journal of Logistics Management*, <https://doi.org/10.1108/ijlm-11-2020-0455>
7. Chen, F.H., Hsu, T.S., & Tzeng, G.H. (2011). A balanced scorecard approach to establish a performance evaluation and relationship model for hot spring hotels based on a hybrid MCDM model combining DEMATEL and ANP. *International Journal of Hospitality Management*, 30, 908-932.
8. Cruz Rios, F., & Grau, D. (2019). *Circular Economy in the Built Environment: Designing, Deconstructing, and Leasing Reusable Products*. In book: Reference Module in Materials Science and Materials Engineering.
9. Culot, G., Orzes, G., Sartor, M., & Nassimbeni, G. (2020). The future of manufacturing: a delphi-based scenario analysis on industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 157, 120092
10. Di Maria, E., De Marchi, V., & Galeazzo, A. (2022). Industry 4.0 technologies and circular economy: The mediating role of supply chain integration. *Business Strategy and the Environment*, 31(2), 619-632,
11. Farooque, M., Zhang, A., Thurer, M., Qu, T., & Huisinigh, D. (2019). Circular supply chain management: A Definition and Structured Literature Review. *Journal of Cleaner Production*, 228, 882-900.
12. Fehrer, J. A., & Wieland, H. (2020). A systemic logic for circular business models. *Journal of Business Research*, 125, 609-620.
13. Geng, Y., & Doberstein, B. (2008). Developing the circular economy in China: Challenges and opportunities for achieving 'leapfrog development'. *The International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 15(3), 231-239.
14. Graziano, M., Alexander, K. A., Liesch, M., Lema, E., & Torres, J. A. (2019) Understanding an emerging economic discourse through regional analysis: blue economy clusters in the US Great Lakes basin. *Applied Geography*, 105, 111-123.

15. Halse, L. L., & Jæger, B. (2019). Operationalizing Industry 4.0: Understanding Barriers of Industry 4.0 and Circular Economy. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 567, 135–142.
16. Hidayatno, A., Destyanto, A.R., & Hulu, C.A. (2019). Industry 4.0 Technology Implementation Impact to Industrial Sustainable Energy in Indonesia: A Model Conceptualization. *Energy Procedia, 5th International Conference on Power and Energy Systems Engineering*, 156, 227–233
17. Homrich, A. S., Galvao, G., Abadia, L. G., & Carvalho, M. M. (2018). The circular economy umbrella: trends and gaps on integrating pathways. *Journal of Cleaner Production*, 175, 525–543
18. Hosseini-Motlagh, S. M., Nouri-Harzvili, M., Choi, T. M., & Ebrahimi, S. (2019). Reverse supply chain systems optimization with dual channel and demand disruptions: Sustainability, CSR investment and pricing coordination. *Information Sciences*, 503, 606-634.
19. Jabbour, L.D.S., Jabbour, C.J.C., Filho, M.G., & Roubaud, D. (2018). Industry 4.0 and the Circular Economy: A Proposed Research Agenda and Original Roadmap for Sustainable Operations. *Annals of Operations Research*, 270(1-2), 273–286.
20. Jena, A & KumarPatel, S. (2022). Analysis and evaluation of Indian industrial system requirements and barriers affect during implementation of Industry 4.0 technologies. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 120(3-4), 2109–2133.
21. Joshi, P., & Visvanathan, C. (2019). Sustainable management practices of food waste in Asia: Technological and policy drivers. *Journal of Environmental Management*, 247, 538-550.
22. Karuppiah, K., Sankaranarayanan, B., Ali, S.M., Jabbour, C.J.C., & Bhalaji, R.K.A. (2021). Inhibitors to circular economy practices in the leather industry using an integrated approach: implications for sustainable development goals in emerging economies. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 1554–1568.
23. Khanifar, H., & Muslimi, N. (2017). *Principles and basics of qualitative research methods*, Negah Danesh Publications, second edition. (In Persian)
24. Knyaginina, V. N. (2017). Expert and Analytical Report, 136.
25. Kumar, A., Kumar Mangla, S., & Kumar, P. (2022). Barriers for adoption of Industry 4.0 in sustainable food supply chain: a circular economy perspective. *International Journal of Productivity and Performance Management*. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-12-2020-0695>
26. Kumar, M., Raut, R., Jagtap, S., & Kumar Choubey, V. (2022). Circular economy adoption challenges in the food supply chain for sustainable development. *Business Strategy and The Environment*, 32(4), 1-23.
27. Kumar, V., Sezersan, I., Garza-Reyes, J., Gonzalez, E., & ALShboul, M. (2019). Circular economy in the manufacturing sector: benefits, opportunities and barriers. *Management Decision*, 57(4), 1067-1086.
28. Kumar, S., Raut, R., Nayal, K., Kraus, S., Yadav, V., & Narkhede, B. (2021). To Identify Industry 4.0 and Circular Economy Adoption Barriers in the Agriculture Supply Chain by using ISM-ANP. *Journal of Cleaner Production*, 293, 1-13.
29. Lin, R. J. (2013). Using fuzzy DEMATEL to evaluate the green supply chain management practices. *Journal of Cleaner Production*, 40, 32–39.

30. Luthra, S., & S. K. Mangla, S.K. (2018). Evaluating challenges to Industry 4.0 initiatives for supply chain sustainability in emerging economies. *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 168-179.
31. Luthra, S., Sharma, M., Kumar, A., Joshi, S., Collins, E., & Mangla, S. (2022). Overcoming barriers to cross-sector collaboration in circular supply chain management: a multi-method approach. *Transportation Research*, 157, 102582.
32. Machado, E., Scavarda, L. F., Gusmão Caiado, R. G., & Tavares Thomé, A. M. (2021). Barriers and Enablers for the Integration of Industry 4.0 and Sustainability in Supply Chains of MSMEs. *Sustainability*, 13, 1-31.
33. Manda, M.I., & Ben Dhauo. (2019). Responding to the challenges and opportunities in the 4th Industrial revolution in developing countries. *ICEGOV2019 Proceedings of the 12th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance*, Melbourne, 244-253
34. Manickam, P., & Duraisamy, G. (2018). *3Rs and circular economy*. In: *Circular Economy in Textiles and Apparel: Processing, Manufacturing, and Design*. Elsevier, 77-93.
35. Manoharan, S., Kumar, P., Venkata, S., Kabir, G., & Ali, S.M. (2022). Contextual relationships among drivers and barriers to circular economy: An integrated ISM and DEMATEL approach. *Sustainable Operations and Computers*, 3, 43-53.
36. Martínez-Cabrera, J., & López-del-Pino, F. (2021). The 10 Most Crucial Circular Economy Challenge Patterns in Tourism and the Effects of COVID-19. *Sustainability*, 13(9), 4940.
37. Mohamed, N., Al-Jaroodi, J., & Lazarova-Molnar, S. (2019). Leveraging the Capabilities of Industry 4.0 for Improving Energy Efficiency in Smart Factories. *IEEE Access*, 7, 18008 – 18020.
38. Mont, O., Plepys, A., Whalen, K., & Nußholz, J.L.K. (2017). Business model innovation for Circular a circular economy: drivers and barriers for the Swedish industry – the voice of REES Economy companies. *Mistra REES*.
39. Morsetto, P. (2020). Targets for a circular economy. *Resources, Conservation and Recycling*, 153, 104553
40. Nimawat, D., & Das Gidwani, B. (2022). Challenges facing by manufacturing industries towards implementation of industry 4.0: an empirical research. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 16, 1371-1383.
41. Olfat, L., Amiri, M., Raeesi Vanani, I., Esmaeilzadeh, M. (2019). Identifying and Categoring Supplier Development-Related Activities in the Automotive Industry. *The Journal of Industrial Management Perspective*, 9(3), 9-54. (In Persian)
42. Quezada, L. E., Chiu, A. S. F., Gouvea da Costa, S. E., & Tan, K. H. (2017). Operational Excellence towards Sustainable Development Goals through Industry 4.0. *International Journal of Production Economics*, 190, 1-2.
43. Raspini, J. P., Bonfante, M. C., Cúnico, F. R., Alarcon, O. E., & Campos, L. (2022). Drivers and barriers to a circular economy adoption: a sector perspective on rare earth magnets. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 24, 1747-1759.
44. Reike, D., Vermeulen, W.J., & Witjes, S. (2018). The circular economy: new or refurbished as CE 3.0?—exploring controversies in the conceptualization of the circular economy through a focus on history and resource value retention options. *Resources, Conservation and Recycling*, 135, 246-264.

45. Rizos, V., Behrens, A., Van der Gaast, W., Hofman, E., Ioannou, A., Kafyke, T., Flamos, A., Rinaldi, R., Papadelis, S., Hirschnitz-Garbers, M., & Topi, C. (2016). Implementation of circular economy business models by small and medium-sized enterprises (SMEs): Barriers and enablers. *Sustainability*, 8(11), 1212.
46. Rokneddini, S. A., Andalib Ardakani, D., Zare Ahmadabadi, Z., Hosseini Bamkan, S. M. (2023). Modeling the Enablers of Industry 4.0 in the Implementation of a Sustainable Supply Chain with Fuzzy DEMATEL-ANP. *The Journal of Industrial Management Perspective*, 13(1), 141-172. (In Persian)
47. Roy, T., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Kumar, A., & Agrawal, R. (2022). Redesigning traditional linear supply chains into circular supply chains—A study into its challenges. *Sustainable Production and Consumption*, 31, 113-126.
48. Sandelowski, M., & Barroso, J. (2006). *Handbook for synthesizing qualitative research*. Springer publishing company.
49. Sangwan, K.S., Bhakar, V., & Digalwar, A.K. (2019). A sustainability assessment frame- work for cement industry e a case study. *Benchmarking: An International Journal*, 26, 470-497.
50. Saroha, M., Garg, D., & Luthra, S. (2018). Key Issues and Challenges in Circular Supply Chain Management Implementation- A Systematic Review. *International Journal of Applied Engineering Research*, 13(9), 91-104
51. Silvestre, B.S., Țîrcă, D.M. (2019). Innovations for sustainable development: Moving toward a sustainable future. *Journal of Cleaner Production*, 208, 325–332.
52. Sohrabi, O., Ghaforiyya, M., Behbodi, M. R., Tavakoli, H. (2019). Prioritize HSE Maturity Indices (Case Study: Sarkhon and Qeshm Refinery Companies). *The Journal of Industrial Management Perspective*, 9(1), 169-191. (In Persian)
53. Ulewicz, R Novy, F., & Sethanan, K. (2019). The Challenges of Industry 4.0 for Small and Medium Enterprises in Poland and Slovakia. *Quality Production Improvement*, 1(1), 147- 154
54. Wang, S., Wan, J., Zhang, D., Li, D., & Zhang, C. (2016). Towards smart factory for Industry 4.0: a self- organized multi-agent system with big data based feedback and coordination. *Computer Networks*, 101, 158-168
55. Wankhede, V. A., & Vinodh, S. (2021). Analysis of Industry 4.0 challenges using best worst method: A case study. *Computers & Industrial Engineering*, 159, 107487.
56. Ying, J., & Li-jun, Z. (2012). Study on Green Supply Chain Management Based on Circular Economy. *Physics Procedia*, 25, 1682-1688.